ИСТОРІЯ ЗЕМЛИ.

Томъ первый.

ИСТОРІЯ ЗЕМЛИ

Проф. М. НЕЙМАЙРА.

Переводъ со 2-го нѣмецкаго изданія, переработаннаго и дополненнаго
Проф. В. УЛИГОМЪ,

съ дополненіями по геологіи Россіи и библіографическимъ указателемъ
В. В. Ламанскаго и А. П. Нечаева

подъ редакціею заслуженнаго ординарнаго профессора Императорскаго
С.-Петербургскаго Университета

А. А. ИНОСТРАНЦЕВА.

Рекомендовано *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаметальныхъ библіотекъ всѣхъ среднихъ учебныхъ заведеній.*

Томъ I.

Съ 437 рисунками въ текстѣ, 2 картами въ краскахъ, 12 хромолитографіями и 6 рѣзанными на деревѣ картинами

С.-Петербургъ.
Книгоиздательское Товарищество „Просвѣщеніе", Невскій пр. 50.
1902.

Дозволено цензурою. С-Петербургъ 18 сентября 1901 г.

Типографія Т-ва „Просвѣщеніе“. С.-Петербургъ, 7 рота, соб. д. № 20.

Предисловіе къ русскому переводу.

Въ русской литературѣ совершенно нѣтъ общедоступнаго, популярнаго сочиненія, въ которомъ систематично излагалась бы исторія жизни нашей планеты— земли, съ соблюденіемъ строго научнаго освѣщенія самаго предмета. Между тѣмъ на другихъ языкахъ неоднократно дѣлались попытки создать нѣчто подобное. Изъ иностранныхъ популярныхъ, и въ то же время строго научныхъ сочиненій, безспорно, выдѣляется передъ всѣми другими сочиненіе покойнаго профессора Мельхіора Неймайра „Erdgeschichte", вышедшее въ свѣтъ первымъ изданіемъ въ 1886 году. Это сочиненіе въ короткое время завоевало себѣ обширный кругъ читателей и по всей справедливости встрѣтило крайне лестный отзывъ у безпристрастной критики. Черезъ девять лѣтъ явилась необходимость повторить изданіе, уже послѣ преждевременной смерти М. Неймайра. Это нѣсколько измѣненное изданіе вышло въ свѣтъ подъ редакціею ученика Неймайра — проф. Улига.

Книгоиздательское товарищество „Просвѣщеніе" обратилось ко мнѣ съ просьбою взять подъ общую редакцію русскій переводъ „Исторіи Земли" Неймайра, обѣщавъ съ своей стороны сохранить внѣшнюю сторону изданія въ томъ видѣ, какъ и въ нѣмецкомъ оригиналѣ.

Не желая вносить какія бы то ни было измѣненія въ сочиненіе Неймайра, а напротивъ стремясь по возможности сохранить неприкосновенность оригинала, мы приведемъ по мѣрѣ возможности нѣкоторыя дополненія по геологіи Россіи въ выноскахъ, по которымъ читатель могъ бы узнать и объ образованіяхъ, аналогичныхъ западноевропейскимъ, имѣющихся въ Россіи.

Проф. А. Иностранцевъ.

Петербургъ, январь 1897 года.

Предисловіе къ первому изданію.

Представляя въ популярномъ изложеніи обширную область геологіи, не возможно разработать всѣ части ея съ тою полнотою, какая требуется отъ учебника. Я счелъ необходимымъ выдвинуть на первый планъ тѣ наиболѣе важные факты и взгляды, которые позволяютъ составить общее представленіе о предметѣ, старался развить ихъ возможно полнѣе и умолчалъ о второстепенномъ. Но такой способъ изложенія, неизбѣжный вообще и особенно въ исторической геологіи, не долженъ идти въ ущербъ ясности всего сочиненія.

Я стремился всюду представить предметъ въ строго-научномъ освѣщеніи, и, надѣюсь, мнѣ это нѣсколько удалось. Не могъ я принять въ расчетъ тѣхъ открытій, которыя были опубликованы во время печатанія книги. Но большинство изъ нихъ далеко не существенно и не потребуетъ значительныхъ измѣненій.

Спеціалисты, безъ сомнѣнія, сочтутъ недостаткомъ отсутствіе ссылокъ. Но приводить весь научный матеріалъ—значило бы сдѣлать популярную книгу слишкомъ сухою. Лица, знакомыя съ предметомъ не могутъ не замѣтить, что я всегда пользуюсь оригинальными работами; отъ ихъ вниманія не ускользнетъ и то обстоятельство, что пятая глава разработана, главнымъ образомъ, на основаніи новыхъ трудовъ Зюсса.

Нѣкоторые вопросы изложены далеко не съ той полнотою, которой ищетъ всякій занимающійся предметомъ самостоятельно. Это объясняется тѣмъ, что книга написана, прежде всего, для большой публики, которая интересуется геологіей, но не обладаетъ достаточной подготовкой по спеціальнымъ вопросамъ. Изложеніе приспособлено къ этому кругу читателей, а потому нельзя было вдаваться въ подробный разборъ различныхъ мнѣній. Но и спеціалистъ-геологъ найдетъ въ книгѣ нѣсколько новыхъ взглядовъ и послѣдовательную разработку тѣхъ теорій, которыя раньше высказывались лишь въ общихъ чертахъ.

Что касается иллюстрацій, то онѣ сдѣланы при участіи выдающихся силъ. Пользуюсь случаемъ, чтобы выразить благодарность талантливымъ художникамъ за ихъ рисунки. Нѣкоторыя изъ хромолитографій заимствованы изъ трудовъ Геологическаго Комитета въ Вашингтонѣ, для другихъ послужили основаніемъ географическія картины Гольцеля, остальныя оригинальны.

Вѣна, лѣто 1896 г.

Мельхіоръ Неймайръ.

Предисловіе ко второму изданію.

Никогда еще популярная, но и строго-научная, книга не имѣла такого успѣха, какъ „Исторія Земли“ Неймайра: съ полнымъ правомъ она считается украшеніемъ европейской естественно-исторической литературы. На меня возложена почетная задача выпустить второе изданіе этого классическаго сочиненія; приступая къ ея исполненію, я старался удержать все, что не устарѣло, и ввести новый матеріалъ въ рамки, указанныя авторомъ; этого требовало чувство глубокаго уваженія къ памяти Неймайра, такъ безвременно утраченнаго наукой. Да и успѣхъ перваго изданія указываетъ на внутреннія достоинства книги и на правильность избраннаго плана.

Но, по мѣрѣ хода новыхъ изслѣдованій, все болѣе и болѣе чувствовалась необходимость существенныхъ измѣненій. Неймайръ не ограничивается изложеніемъ вполнѣ установленныхъ фактовъ; во всѣхъ вопросахъ, которые только поддаются элементарному изложенію, онъ представляетъ читателю послѣднее слово науки и намѣчаетъ возможныя задачи дальнѣйшихъ изслѣдованій. Такимъ образомъ всѣ открытые, еще нерѣшенные вопросы получаютъ всестороннее, лишенное предубѣжденій освѣщеніе, и образованные читатели пріобрѣтаютъ возможность составить о нихъ свое сужденіе; съ другой стороны, широкія обобщенія автора представляютъ глубокій интересъ и для спеціалистовъ.

Со времени появленія перваго изданія многое измѣнилось: во всѣхъ странахъ необычайно развились геологическія изслѣдованія: нѣкоторые спорные вопросы удовлетворительно рѣшились, на ихъ мѣсто выдвинулось много новыхъ, нѣкоторые представились въ другомъ, совершенно неожиданномъ освѣщеніи, и многія изъ воззрѣній, которыя легли въ основу этого труда, существенно измѣнились. Нельзя не указать, что „Исторія Земли“, благодаря широкой точкѣ зрѣнія ея автора, немало способствовала этому блестящему развитію нашей науки.

При такихъ условіяхъ многія изъ основныхъ положеній книги должны были устарѣть; мнѣ представлялось два пути: или оставить все, какъ было, отказаться отъ всякой попытки изложить важнѣйшіе вопросы въ современномъ освѣщеніи и лишить „Исторію Земли“ главной ея прелести, или же сохранить характеръ сочиненія, переработать его, гдѣ нужно, и такимъ образомъ поставить его на ту же научную высоту, на которой оно стояло при первомъ своемъ появленіи. Первый путь представлялся мнѣ безусловно невозможнымъ, такъ какъ онъ велъ къ умале-

нію достоинствъ ввѣреннаго мнѣ сочиненія. Я долженъ былъ рѣшиться на второе, хотя мнѣ, какъ ученику Неймайра, тяжело было налагать руку на его трудъ и дѣлать значительныя измѣненія. Существенной переработкѣ подвергнута глава объ образованіи горъ. Это вызвано появленіемъ книги *Зюсса* „Antlitz der Erde" и другихъ весьма важныхъ сочиненій по тому же вопросу.

Вездѣ, гдѣ идетъ дѣло о собственныхъ изслѣдованіяхъ Неймайра, тамъ счелъ я своимъ священнымъ долгомъ удержать текстъ перваго изданія почти безъ измѣненій.

Въ заключеніе я долженъ выразить глубокую благодарность издателю, который не только согласился на увеличеніе объема перваго тома и украсилъ книгу многими новыми рисунками, но и вообще отнесся къ изданію съ большимъ вниманіемъ.

Прага, Новый годъ, 1895.

Викторъ Улигъ.

ОБЩАЯ ГЕОЛОГІЯ.

ИСТОРІЯ И ОСНОВНЫЯ ПОНЯТІЯ ГЕОЛОГІИ.

Сущность и задачи геологіи. — Исторія геологіи. — Нѣкоторыя основныя понятія геологіи — Условія залеганія.

Предметъ геологіи.

Около ста лѣтъ назадъ Фрейбергская горная академія въ Саксоніи переживала замѣчательный моментъ: со всѣхъ цивилизованныхъ странъ стекались туда даровитые молодые люди послушать лекціи Вернера, излагавшаго науку, о которой до тѣхъ поръ не говорилось ни съ одной каѳедры. Онъ читалъ о горныхъ породахъ, составляющихъ земную кору, объ ихъ происхожденіи, свойствахъ, характерѣ залеганія и о тѣхъ измѣненіяхъ, которымъ онѣ подлежатъ; словомъ, предметомъ чтеній Вернера была *геогнозія,* какъ ее называли тогда, или *геологія,* какъ ее называютъ теперь. Уже и раньше предметъ этотъ обращалъ на себя вниманіе нѣкоторыхъ замѣчательныхъ людей, но ихъ труды были разрознены и имѣли мало вліянія, господствующіе взгляды были лишены точныхъ экспериментальныхъ основаній, факты не обобщены. Вернеръ—отецъ геологіи: онъ далъ ей стройную систему и прочное основаніе, онъ создалъ школу, и его имя и ученіе распространились всюду, гдѣ только есть люди, интересующіеся естествознаніемъ.

Новая наука развивалась въ полной зависимости отъ горнаго дѣла и минералогіи и вначалѣ была только ихъ вѣтвью, или въ лучшемъ случаѣ вспомогательной наукою, безъ всякихъ правъ на самостоятельное существованіе. И много прошло времени, прежде чѣмъ такой взглядъ на геологію исчезъ, и прежде чѣмъ были разбиты предразсудки, мѣшавшіе оцѣнить новое направленіе. Между тѣмъ изъ геологіи выдѣлилась еще вѣтвь естественно-научнаго знанія, которая точно также очень долго играла подчиненную роль; это ученіе о растеніяхъ и животныхъ, населявшихъ землю въ минувшіе періоды, *палеонтологія,* какъ ее называютъ; Кювье и Броньяръ были для нея тѣмъ же, чѣмъ Вернеръ для геологіи.

Въ короткое время своего существованія обѣ науки развиваются съ необычайной быстротою и блескомъ и выставляютъ цѣлый рядъ выдающихся изслѣдователей. Съ тѣхъ поръ непрерывно стекаются новые цѣнные факты и наблюденія со всѣхъ странъ свѣта, и накопленіе ихъ идетъ такъ быстро, что опережаетъ теоретическое развитіе наукъ.

Эпоха эта слишкомъ далека отъ насъ, и успѣхи наши весьма значительны, но тѣсная связь между геологіей и палеонтологіей, существовавшая вначалѣ, сохранилась до сихъ поръ, и въ большинствѣ случаевъ одно и то же лицо стремится охватить

обѣ науки или, по крайней мѣрѣ, части обѣихъ. Это кажется на первый взглядъ страннымъ: геологія имѣетъ дѣло съ горными породами, съ неорганическими образованіями. Напротивъ того, палеонтологія занимается животнымъ и растительнымъ міромъ минувшихъ періодовъ, словомъ, организмами, живыми существами: она примыкаетъ къ біологическимъ наукамъ, — къ зоологіи и ботаникѣ. И если связь между геологіей и палеонтологіей остается тѣмъ не менѣе тѣсной, то причина этого кроется въ самой сущности обѣихъ наукъ: общность задачъ связываетъ ихъ въ одно цѣлое и противопоставляетъ всѣмъ остальнымъ описательнымъ отдѣламъ естествознанія: геологія не только занимается изученіемъ свойствъ и характера залеганія горныхъ породъ, она говоритъ также объ ихъ происхожденіи, напластованіи и о тѣхъ измѣненіяхъ, которыя съ ними происходятъ. Точно также и палеонтологія не только изучаетъ формы и строеніе вымершихъ организмовъ, но и показываетъ, какъ въ теченіе долгихъ промежутковъ времени различныя флоры и фауны смѣняли на землѣ другъ друга, въ какой связи находятся онѣ между собою и съ современнымъ животнымъ и растительнымъ міромъ. Словомъ, и палеонтологія, и геологія — науки историческія, и ихъ задача — представить *исторію земли.* Въ этой-то общности задачъ и кроется причина ихъ связи и того необычайно большого значенія, которое имѣютъ онѣ для развитія всего естествознанія. Современное естествознаніе уже не носитъ исключительно описательнаго характера: важнѣйшимъ предметомъ его изслѣдованія является вопросъ о происхожденіи тѣлъ. Оно выясняетъ не только каковы вещи теперь, но и каковы онѣ были. При такомъ генетическомъ направленіи науки и при ея тяготѣніи къ историческимъ воззрѣніямъ, которыя всюду сдѣлались господствующими, само собою становится понятнымъ, какъ глубоко должно быть вліяніе геологіи и палеонтологіи на всѣ важнѣйшіе вопросы естествознанія: только при ихъ помощи другія естественныя науки могутъ разрѣшить вполнѣ свои главныя задачи.

На нашей землѣ нѣтъ явленій и предметовъ для изслѣдованія, и нѣтъ задачъ, болѣе значительныхъ и важныхъ, чѣмъ тѣ, которыя занимаютъ геологовъ. Первымъ среди нихъ является вопросъ о томъ, какъ возникла наша планета и какимъ процессамъ обязана она своимъ самостоятельнымъ существованіемъ среди солнечной системы. Конечно, чисто геологическимъ методомъ нельзя придти къ удовлетворительному рѣшенію этихъ вопросовъ; мы должны воспользоваться выводами другихъ наукъ, именно результатами астрофизики.

Ближайшій предметъ геологіи составляетъ разсмотрѣніе способовъ происхожденія и характера залеганія горныхъ породъ, т. е. тѣхъ твердыхъ массъ, которыя, главнымъ образомъ, и составляютъ земную кору. Существуетъ два типа горныхъ породъ, отличительныя черты которыхъ при нѣкоторомъ навыкѣ легко замѣчаются: образованія, которыя распадаются на болѣе или менѣе замѣтные слои, ограниченные параллельными плоскостями, называются *осадочными горными породами;* породы-же, въ которыхъ не замѣчается такого дѣленія на слои, носятъ названіе *массивныхъ.* Различіе между этими двумя типами рѣзко бросается въ глаза на рис. 1, который представляетъ видъ съ пика Абайо въ штатѣ Колорадо, въ Сѣверной Америкѣ. Закругленныя вершины массивнаго трахита рѣзко выдѣляются среди горизонтально лежащихъ слоистыхъ породъ, и уже при бѣгломъ взглядѣ не трудно замѣтить, что въ образованіи данной мѣстности принимали участіе два совершенно различныхъ элемента.

Происхожденіе слоистыхъ горныхъ породъ такъ же отлично отъ происхожденія породъ массивныхъ, какъ различны ихъ форма и расположеніе. Образованіе первыхъ происходитъ передъ нашими глазами, когда мы наблюдаемъ, какъ различныя водовмѣстилища отлагаютъ на своемъ днѣ гальки, песокъ, илъ, части организмовъ, или когда изъ химическаго раствора выдѣляется одна изъ его частей, какъ, напримѣръ, гипсъ, каменная соль и т. п. Вездѣ, гдѣ только находится на земной поверхности вода,—и прежде всего въ морѣ,—происходятъ эти процессы; вблизи берега, посредствомъ накопленія ила и песку, образуются преимущественно глины, мергели и песчаники; тамъ, гдѣ отлагаются раковины двустворчатыхъ или корненожекъ, или тамъ, гдѣ полипы сооружаютъ свои величественныя постройки (см. рис. 2—4), — происходитъ образованіе известковыхъ породъ; это даетъ право думать, что всѣ огромныя залежи мѣла и известняка въ нашихъ горахъ обязаны своимъ происхожденіемъ исключительно дѣятельности организмовъ: самые ничтожные изъ нихъ производятъ громаднѣйшія дѣйствія, крошечныя скорлупки корненожекъ, и, главнымъ образомъ, глобигеринъ (см. рис. 5), въ громаднѣйшихъ количествахъ покрываютъ бóльшую часть дна океана, и микроскопическое изслѣдованіе известковыхъ породъ показываетъ, что то же самое происходило и въ минувшіе періоды жизни земли.

Осадочныя породы, какъ мы видѣли, обязаны своимъ происхожденіемъ водѣ. Массивныя же горныя породы возникли путемъ застыванія расплавленной огненной массы. Процессы, благодаря которымъ образовались нѣкогда граниты, порфиры, трахиты, базальты и многія другія родственныя имъ породы, мы можемъ наблюдать теперь въ дѣятельности огнедышащихъ горъ, которыя выносятъ на поверхность земли расплавленную массу. Нагляднымъ примѣромъ такихъ горъ служитъ въ Европѣ Этна (см. рис. 6). Характеръ изверженій и составъ вулканическихъ продуктовъ даютъ ключъ къ пониманію происхожденія породъ, образовавшихся въ ранніе періоды исторіи земли, благодаря аналогичнымъ процессамъ, хотя и при условіяхъ, существенно отличныхъ отъ тѣхъ, которыя наблюдаются теперь на земной поверхности. Отчасти это древніе лавовые потоки, отчасти заполненія трещинъ, отчасти продукты глубинныхъ массовыхъ изверженій.

На ряду съ названными двумя типами горныхъ породъ наблюдается еще третій, занимающій между

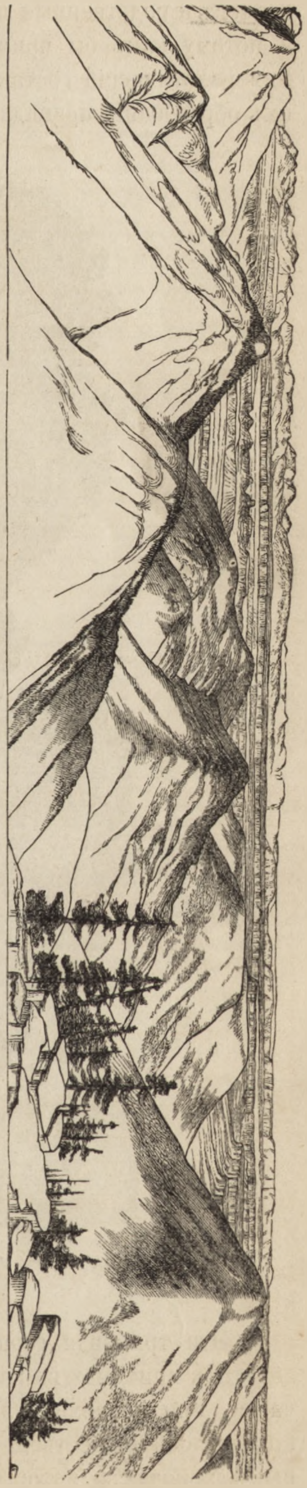


Рис. 1. Видъ съ пика Абайо въ Колорадо (по Гайдену).

ними среднее положеніе. Это *кристаллическіе сланцы,* каковы гнейсъ, слюдяной сланецъ и родственныя имъ породы; съ одной стороны, они обнаруживаютъ слоистость и потому какъ бы примыкаютъ къ осадочнымъ образованіямъ, съ другой стороны, минералогическій составъ заставляетъ отнести ихъ къ массивнымъ породамъ: исторія ихъ образованія принадлежитъ къ числу труднѣйшихъ и спорныхъ вопросовъ геологіи.

Рис. 2—4. Рифовый коралъ, Madrepora palmata, въ естеств. вел.; внизу — ячейки въ нѣсколько увеличенномъ видѣ (по Агассису).

Эти три вида горныхъ породъ и составляютъ земную кору. Стоитъ только обратить вниманіе на ихъ залеганіе, и тотчасъ становится яснымъ, что, по большей части, они не сохранили того положенія, которое первоначально занимали: оно подверглось существеннымъ измѣненіямъ. Всего яснѣе это замѣчается въ осадочныхъ породахъ, которыя, соотвѣтственно господствующей формѣ морского дна и всѣхъ большихъ озеръ, отлагались въ большинствѣ случаевъ въ видѣ совсѣмъ гори-

зонтальныхъ или приблизительно горизонтальныхъ слоевъ. Между тѣмъ всякому извѣстно, что на большихъ протяженіяхъ земной поверхности пласты не сохранили этого первоначальнаго положенія: они или наклонены на извѣстный уголъ (см. рис. 10), или приняли вертикальное положеніе, или, наконецъ, искривлены или изогнуты самымъ различнымъ образомъ (рис. 9). Очевидно, что въ позднѣйшее

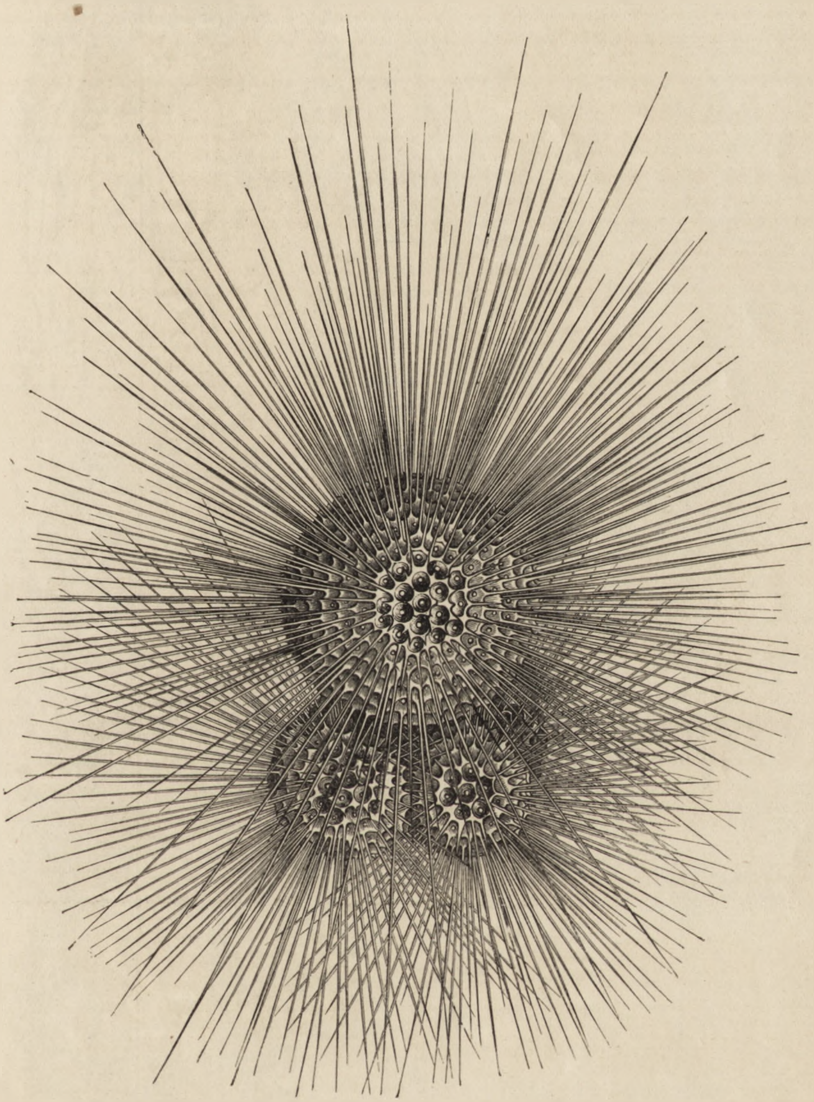


Рис. 5. Современная глобигерина, при сильномъ увеличеніи (по Томсену).

время происходили массовыя движенія, которыя и произвели въ большинствѣ случаевъ эти нарушенія, искривили пласты и приподняли ихъ. Эти массовыя движенія разсматриваются теперь какъ слѣдствіе сокращенія земли при ея охлажденіи.

Такія нарушенія правильности расположенія пластовъ наблюдаются не въ одной какой-нибудь мѣстности: „горообразующія силы“ дѣйствовали въ общихъ чертахъ одинаково на значительныхъ протяженіяхъ; этимъ обусловливается происхожденіе

Рис. 6. Видъ Этны (по Сарторіусу фонъ Вальтерсгаузену).

Рис. 7. Примѣръ складчатыхъ горъ. Видъ съ Мюнхена на горы Карвендель и Ветерштейнъ. (По Бецольду).

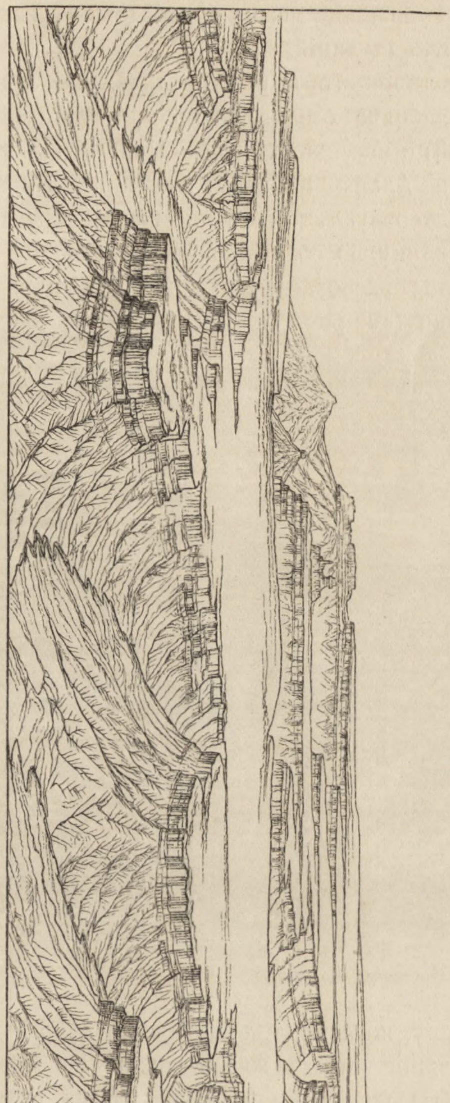


Рис. 8. Юговападный край Меза-Верде въ Колорадо. (По Гольмсу).

цѣлыхъ *горныхъ системъ* однороднаго строенія: въ нихъ, независимо отъ существованія нѣкоторыхъ мѣстныхъ второстепенныхъ явленій, можно прослѣдить одинаковое расположеніе господствующихъ *тектоническихъ* линій.

Отсюда вытекаютъ особенности двухъ типовъ горъ, рѣзко отличающихся другъ отъ друга, по крайней мѣрѣ, въ своихъ наиболѣе характерныхъ представителяхъ: именно — складчатыхъ горъ (горныхъ цѣпей) и массивныхъ горъ. Первый изъ этихъ типовъ, къ которому относятся, напримѣръ, Альпы, Карпаты, Аппенины, Пиренеи, Кавказскія, Гималайскія горы, Анды, характеризуются явственно выраженнымъ линейнымъ расположеніемъ: протяженіе въ длину преобладаетъ надъ развитіемъ въ ширину, въ нѣкоторыхъ случаяхъ вершины располагаются длинными цѣпями и всегда образуютъ рѣзко выступающіе гребни (см. рис. 7). Всѣ типичные предста-

Рис. 9. Изогнутые слои известняка. (По Грину).

вители этой группы образовались, повидимому, недавно, т. е. движенія, произведшія складки, происходили въ сравнительно позднiй періодъ жизни земли. Въ этомъ и кроется причина рѣзко выраженнаго развитія вершинъ: разрушительныя силы не успѣли сгладить ихъ.

Напротивъ того, массивныя горы, къ числу которыхъ относится Богемскій лѣсъ, Шварцвальдъ, Вогезы и др., не обнаруживаютъ ясно выраженнаго линейнаго расположенія: въ нихъ не замѣчается ни преобладающаго развитія въ длину, ни рѣзко выступающихъ цѣпей, хотя въ напластованіи и группировкѣ породъ линейное расположеніе можетъ быть и выражено. Эти горы характеризуются низкими вершинами съ округленными отлогими формами. Геологическій возрастъ ихъ великъ: много времени протекло съ момента ихъ возникновенія,—передъ нами только остатки, только развалины прежнихъ величественныхъ горъ.

Другимъ проявленіемъ тѣхъ силъ, которыми обусловливается возникновеніе горъ, служитъ образованіе глубокихъ трещинъ, или такъ называемыхъ сбросовъ и сдвиговъ; трещины эти сопровождаются перемѣщеніемъ располагающихся по обѣимъ

Рис. 11. Группа вулканическихъ куполовъ въ Оверни: видъ съ Пюи де ла Роди. (По Зерону).

сторонамъ ихъ массъ. Иногда трещины и наблюдаемыя возлѣ нихъ перемѣщенія горныхъ породъ незначительны, иногда-же онѣ простираются на огромныя разстоянія: большія массы земной коры опускаются, и образующіяся углубленія заполняются водой. Такъ, напримѣръ, весьма вѣроятно, что Красное море образовалось на мѣстѣ такой впадины.

Спутниками описанныхъ процессовъ, т. е. образованія горъ и опусканія земной коры по линіямъ сбросовъ, являются землетрясенія и вулканы, мѣсторасположеніе которыхъ примыкаетъ къ большимъ тектоническимъ линіямъ. Изъ вулкановъ выливается расплавленная лава и выносится на поверхность мелко раздробленный матеріалъ, такъ называемый вулканическій пепелъ; посредствомъ накопленія этихъ продуктовъ изверженій воздвигаются коническія горы, часто весьма значительной высоты. Это такъ называемыя *насыпныя горы* (см. рис.11). Тамъ, гдѣ нѣсколько вулкановъ встрѣчаются вмѣстѣ, могутъ образоваться цѣлыя группы ихъ; конечно, не только способъ ихъ происхожденія, но и всѣ характеристическія свойства существенно отличны отъ свойствъ тѣхъ горъ, которыя обязаны своимъ происхожденіемъ сбросамъ и складкамъ.

Такія важныя явленія, какъ образованіе горныхъ цѣпей или осѣданіе цѣлыхъ участковъ земной коры по линіямъ трещинъ, отступаютъ по своему значенію на второй планъ, если мы сравнимъ ихъ съ тѣми великими процессами, которые главнымъ образомъ и опредѣляютъ рельефъ земной поверхности и которымъ обязаны своимъ возникновеніемъ материки и моря. Происхожденіе послѣднихъ поддается въ настоящее время объясненію съ большимъ трудомъ. Въ рѣшеніи этого вопроса геологи распадаются на

Рис. 10. Группа холмовъ изъ слабонаклоненныхъ пластовъ въ Колорадо; видъ съ Врэнса. (По Гайдену).

два противоположныхъ лагеря: одни предполагаютъ, что распредѣленіе суши и моря въ различные геологическіе періоды подлежало значительнымъ измѣненіямъ; другіе, напротивъ того, думаютъ, что несмотря на существованіе мѣстныхъ измѣненій, въ общемъ распредѣленіе материковъ и морей остается постояннымъ съ древнѣйшихъ временъ. Въ связи съ вопросомъ о распредѣленіи суши и воды стоитъ и другой вопросъ: еще не рѣшено, подвержены-ли материки медленному подниманію и опусканію, или же тѣ явленія, по которымъ мы заключаемъ о существованіи подобныхъ процессовъ, какъ, напримѣръ, положеніе древней береговой линіи выше современнаго уровня моря, должны быть приписаны вѣковымъ колебаніямъ моря.

Совсѣмъ другой родъ геологическихъ процессовъ представляетъ дѣйствіе воды на земную поверхность. Дѣятельность ея прежде всего разрушительная; при содѣйствіи колебаній температуры, главнымъ образомъ мороза, работаетъ она неутомимо надъ разрушеніемъ и размельченіемъ скалъ. Растворяющая силы воды, увеличивающаяся еще присутствіемъ поглощенной ею углекислоты, дѣйствуетъ химически на горныя породы и обусловливаетъ ихъ вывѣтриваніе; каждая капля дождя, падающая на землю, каждый подземный ключъ, каждый ручей и рѣка дѣйствуютъ разрушительнымъ образомъ, и совмѣстная работа ихъ гораздо значительнѣе работы морскихъ волнъ, которыя, ударяя въ берега, также размываютъ и разрушаютъ ихъ. Эти размывающіе процессы (эрозія и денудація, какъ ихъ называютъ) принадлежатъ къ числу важнѣйшихъ геологическихъ дѣятелей. Нѣтъ такой твердой горной породы, которая бы не поддавалась ихъ дѣйствію, нѣтъ такого горнаго хребта, который бы противостоялъ имъ. Всѣ высочайшія горы земли принадлежатъ къ числу сравнительно недавнихъ геологическихъ образованій: вершины горъ, образовавшихся въ древнѣйшіе періоды, разрушились.

Текущая вода пробиваетъ себѣ русло въ горныхъ породахъ, какъ это и можно видѣть на примѣрѣ рѣки Колорадо (стр. 9); при этомъ размываніе иногда оказывается незначительнымъ, иногда-же образуются глубокія долины, каковы, напримѣръ, знаменитые „Каньоны“ въ системѣ рѣки Колорадо: мѣстами, ложе, промытое рѣкой въ очень твердой породѣ, достигаетъ тамъ глубины до 6000 футовъ. Часто размываніе сопровождается другимъ весьма важнымъ явленіемъ: по бокамъ рѣчныхъ долинъ образуются террасы, которыя или соотвѣтствуютъ отдѣльнымъ періодамъ всего процесса, или-же обязаны своимъ возникновеніемъ существованію въ берегѣ прослоекъ изъ болѣе твердой и постоянной породы.

Размываніе не ограничивается образованіемъ долинъ; оно разрушаетъ цѣлыя системы пластовъ, и, въ концѣ концовъ, остается иногда одна какая-нибудь выдѣлившаяся своимъ постоянствомъ часть системы въ видѣ одиноко стоящаго столба. Въ незначительныхъ размѣрахъ подобное явленіе наблюдается въ Саксонской и Богемской Швейцаріи и выражается образованіемъ общеизвѣстныхъ и тѣмъ не менѣе поразительныхъ скалъ (рис. 12). Но то-же самое повторяется и въ значительныхъ размѣрахъ. Такъ, напримѣръ, въ Альпахъ у Шлудербаха, въ Тиролѣ, такъ называемые *Три Зуба* (см. рис. на особомъ листѣ) представляютъ въ своихъ трехъ фантастически высокихъ пирамидахъ остатокъ цѣлой системы, нѣкогда занимавшей всю мѣстность. Если въ главнѣйшихъ чертахъ рельефъ земной поверхности опредѣляется горообразующими процессами, то во всякомъ случаѣ подробности его являются результатомъ размывающей дѣятельности воды: въ теченіе нѣсколькихъ

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ТРИ ЗУБА ВЪ ТИРОЛѢ БЛИЗЪ ШЛУДЕРБАХА.

(По фотографіи.)

милліоновъ лѣтъ она сравняла бы всѣ континенты съ поверхностью моря, если бы, съ другой стороны, разрушенное не возстановлялось такъ же непрерывно.

Не только текущая вода но и ледъ, является однимъ изъ дѣятелей разрушенія. Глетчеры, спускающіеся съ горныхъ высотъ въ долины, а также и материковый ледъ полярныхъ странъ, разрушаютъ горныя породы, на которыхъ они лежатъ: въ глубинѣ своей массы ледники несутъ обломки скалъ и отлагаютъ ихъ въ такъ-называемыхъ моренахъ. Однако, относительно той роли, которую играетъ въ исто-

Рис. 12. Столбъ песчаника въ Саксонской Швейцаріи. (Съ фотографіи).

ріи земли дѣятельность льда, мнѣнія расходятся. Во всякомъ случаѣ онъ принадлежитъ къ числу интереснѣйшихъ дѣятелей геологическихъ измѣненій.

Слоистыя горныя породы отлагались подъ водою и погребали въ своей массѣ остатки животныхъ и растеній, которыя тамъ обитали или были туда занесены. Если эти организмы оказывались способными къ сохраненію, то теперь мы находимъ ихъ остатки, называемые *окаменѣлостями;* изученіе послѣднихъ и составляетъ предметъ палеонтологіи. Изслѣдованіе ихъ во многихъ отношеніяхъ оказывается труднымъ вслѣдствіе того, что всѣ мягкія части ихъ безслѣдно исчезли. Тѣмъ не менѣе удалось показать, что въ минувшія эпохи землю населяло огромное количество вымершихъ формъ. Нѣкоторыя изъ нихъ находятся въ близкой родственной связи съ современными, другія обладали своеобразной организаціей. Путемъ сравненія ихъ съ близкими къ нимъ типами нашей фауны и флоры оказалось возможнымъ съ достаточною точностью возстановить строеніе большинства изъ нихъ. Изучая послѣдовательность осадковъ, а также находящіяся въ нихъ

окаменѣлости, и сравнивая представителей разныхъ мѣстностей между сбою, мы приходимъ къ заключенію, что въ этомъ отношеніи существуетъ строгая закономѣрность. Такимъ путемъ и удалось разбить исторію земли на большіе и меньшіе періоды и установить совершенную хронологію, выясненіе которой и является предметомъ исторической геологіи.

Разсмотрѣнные до сихъ поръ отдѣлы геологіи изслѣдуютъ строеніе земной коры, изучаютъ процессы, образовавшіе ее, и матеріалы, изъ которыхъ она сложена. Особая вѣтвь нашей науки, такъ-называемая топографическая геологія, изучаетъ строеніе отдѣльныхъ мѣстностей и горъ. Сдѣлано въ этомъ направленіи много, но тѣмъ не менѣе только незначительные участки материковъ изучены настолько, что объ ихъ строеніи мы можемъ высказать вполнѣ опредѣленное сужденіе, большая же часть земной поверхности или совсѣмъ неизвѣстна съ этой стороны, или же изслѣдована только поверхностно.

Мы выяснили вкратцѣ содержаніе геологіи, насколько дѣло касается теоретической стороны предмета. Значеніе геологіи расширяется, если принять въ разсчетъ многочисленныя примѣненія ея къ практической жизни. Ученіе о мѣсторожденіяхъ полезныхъ ископаемыхъ, каковы, напримѣръ, каменный уголь, нефть, различныя руды, сѣра, гипсъ, фосфориты, строительные камни, мергель, известь и песокъ, составляетъ часть геологіи. Ни одно изъ лицъ, посвятившихъ себя горному дѣлу, не можетъ обойтись безъ точнаго знакомства съ нашей наукой. Цѣлесообразная разработка тѣхъ или иныхъ залежей не можетъ быть предпринята прежде, чѣмъ геологи не выскажутъ своего мнѣнія о вѣроятной цѣнности эксплоатируемыхъ копей. Инженеры, занимающіеся постройкою желѣзныхъ дорогъ и каналовъ, не могутъ обойтись безъ знакомства съ геологическимъ характеромъ мѣстности, даже для опредѣленія направленія дороги; въ большинствѣ случаевъ, послѣдній имѣетъ рѣшающее значеніе. Всѣ вопросы водоснабженія и отысканія подземныхъ источниковъ опираются на геологію; въ сельскохозяйственномъ дѣлѣ наша наука также не лишена значенія: она служитъ основаніемъ почвовѣдѣнія.

Мы видимъ такимъ образомъ, что геологія, а вмѣстѣ съ нею и палеонтологія имѣютъ безчисленныя примѣненія къ практической жизни. Этому обстоятельству и обязаны обѣ науки своимъ широкимъ распространеніемъ. Люди горнаго дѣла, инженеры и многія другія лица своими наблюденіями и коллекціями немало способствовали обогащенію науки фактами и ея теоретическому развитію; но, кромѣ того, убѣжденіе въ практической полезности геологіи побудило большинство цивилизованныхъ странъ отпускать значительныя денежныя средства для производства изслѣдованій; ученые получили возможность вести свои наблюденія въ большихъ размѣрахъ.

Исторія геологіи.

Геологія и палеонтологія занимаются явленіями, которыя происходятъ вокругъ насъ и на нашихъ глазахъ; достойно удивленія, что эти важныя науки такъ поздно сдѣлались предметомъ серьезнаго изученія. Значительная часть вины падаетъ на нетерпимость среднихъ вѣковъ: каждая попытка выступить съ возраженіями противъ традицій требовала огромнаго мужества, и многіе изслѣдователи за независимость

своихъ мнѣній платились жизнью и гибли на кострахъ. Но этого факта еще недостаточно, чтобы объяснить запоздалое развитіе нашихъ наукъ. Въ древности свѣдѣнія по этому предмету были тоже незначительны и, говоря о постепенномъ развитіи геологіи и палеонтологіи, мы можемъ даже совершенно пренебречь воззрѣніями античнаго міра. Конечно, въ исторіи науки грековъ и римлянъ имѣютъ значеніе даже всякіе слѣды геологическаго знанія, но если требуется показать, когда болѣе или менѣе укрѣпилось современное воззрѣніе на предметъ и подъ вліяніемъ какихъ обстоятельствъ, то изъ исторіи древнихъ придется привести только немногое, да и это немногое оказывало на послѣдующее развитіе науки только тормозящее вліяніе.

Съ большою вѣроятностью можно допустить, что познанія древнихъ въ геологіи были вовсе не такъ малы, какъ это намъ кажется по сохранившимся естественно-научнымъ сочиненіямъ. Надо думать, что при уничтоженіи древней литературы было спасено очень немногое изъ того, что касается нашего предмета. Еврейскія и египетскія легенды о сотвореніи міра заключаютъ въ себѣ немало положительныхъ свѣдѣній: онѣ могли возникнуть только у такого народа, который наблюдалъ природу и дѣлалъ выводы изъ своихъ наблюденій; извѣстныя мѣста изъ Геродота, въ которыхъ онъ говоритъ о томъ, какъ египтяне объясняли нильскіе наносы, показываютъ, что этотъ замѣчательный народъ въ своихъ геологическихъ познаніяхъ ушелъ несравненно далѣе другихъ народовъ древности. Очень можетъ быть, что многіе изъ истлѣвшихъ свертковъ папируса, которые еще до сихъ поръ не прочитаны, заключаютъ въ себѣ такія же неожиданныя и интересныя свѣдѣнія по нашей наукѣ, какими обязаны имъ многія другія области знанія. Впрочемъ, на дальнѣйшее развитіе геологіи изслѣдованія египтянъ имѣли только посредствующее вліяніе, именно по стольку, по скольку они отразились на воззрѣніяхъ евреевъ, грековъ и римлянъ.

Въ настоящее время почти всѣ увѣрены, что тѣ немногія геологическія представленія, которыя мы встрѣчаемъ у римлянъ и грековъ, возникли подъ вліяніемъ культурныхъ народовъ, населявшихъ долины Евфрата и Нила. Такой именно характеръ носитъ ученіе полумиѳическаго Пиѳагора и его знаменитой школы. Онъ утверждалъ, что внѣшній видъ земли непрерывно измѣняется, что въ однихъ мѣстахъ суша опускается въ море, а въ другихъ выдвигается изъ него, что вулканы періодически находятся въ состояніи покоя и дѣятельности и т. д.

Другіе дѣлали подобныя же заключенія о распредѣленіи суши и воды по находимымъ тутъ и тамъ окаменѣлостямъ. Правильныя догадки и самыя невѣроятныя представленія о свойствахъ земли и измѣненіяхъ, которымъ она подлежитъ, перемѣшаны у древнихъ. Слѣды того удивительнаго духа пытливости, который сдѣлалъ грековъ учителями въ другихъ областяхъ знанія, мы находимъ и здѣсь, но недостатокъ систематическихъ наблюденій лишаетъ значенія ихъ геологическія догадки. Замѣчательно, что среди греческихъ мыслителей мы находимъ двухъ предшественниковъ ученія Дарвина. *Анаксимандръ*, родившійся въ 610 году до Р. Х., училъ, что человѣкъ происходитъ отъ другихъ видовъ животныхъ: среди всѣхъ живыхъ существъ только онъ одинъ съ трудомъ добываетъ средства къ существованію, а потому неминуемо долженъ былъ бы погибнуть, если бы онъ съ самаго начала былъ такимъ же, каковъ теперь. Анаксимандръ предполагаетъ, что человѣкъ произошелъ отъ рыбъ или отъ другихъ подобныхъ имъ водяныхъ животныхъ. Къ со-

жалѣнію, мы не имѣемъ болѣе точныхъ свѣдѣній объ ученіи этого философа: его сочиненія потеряны, и то, что приведено выше, извлечено изъ случайной цитаты одного компилятора болѣе поздней эпохи.

Еще замѣчательнѣе взгляды величайшаго естествоиспытателя древности, *Аристотеля,* который предугадывалъ основной принципъ теоріи Дарвина, ученіе объ естественномъ подборѣ. Онъ говоритъ, что различныя явленія совершаются въ природѣ вовсе не для того, чтобы осуществить извѣстную, заранѣе намѣченную цѣль: дождь идетъ не для того, чтобы возрастить зерно, и не для того, чтобы его погубить во время молотьбы подъ открытымъ небомъ; отдѣльныя части организмовъ не для того образовались, чтобы осуществить извѣстныя жизненныя цѣли: однѣ изъ нихъ при своемъ возникновеніи были цѣлесообразны, другія — нецѣлесообразны; только тѣ сохранились, которыя обладали первымъ свойствомъ, другія же исчезли или продолжаютъ исчезать. Кромѣ того, мы находимъ у Аристотеля глубокое пониманіе нѣкоторыхъ геологическихъ явленій. Онъ разсказываетъ о высохшихъ озерахъ, о ежегодномъ ростѣ наносовъ въ нильской дельтѣ и говоритъ о подниманіяхъ и измѣненіяхъ земли, которыя совершаются такъ медленно, что результаты ихъ не могутъ быть подмѣчены человѣкомъ въ теченіе его жизни. Но стагирскій естествоиспытатель не былъ одинаково счастливъ во всѣхъ своихъ догадкахъ, и что касается окаменѣлостей, — то онъ высказываетъ менѣе правдоподобные взгляды, чѣмъ его предшественники. Между прочимъ, онъ замѣчаетъ, что окаменѣлыя рыбы, находимыя близъ Гераклеи въ Малой Азіи, могли образоваться изъ *икры,* оставленной живущими въ озерѣ рыбами. Но одинъ случайно ошибочный взглядъ не можетъ помрачить славы великаго человѣка. Онъ не отвѣтственenъ за то, что именно эти идеи были охотно приняты въ позднѣйшія эпохи и варіировались всѣми возможными и невозможными способами. Представленія Аристотеля о происхожденіи окаменѣлостей оказали наиболѣе сильное вліяніе на средневѣковыя воззрѣнія и послужили основаніемъ трудно искоренимыхъ заблужденій: они продержались болѣе тысячи лѣтъ и нашли приверженцевъ даже среди геологовъ нашего времени.

Послѣ великаго переселенія народовъ научная дѣятельность возродилась, но она долго ограничивалась изученіемъ того, что осталось въ наслѣдство отъ древняго міра: на первомъ планѣ стояла Библія и сочиненія Аристотеля. Изъ этихъ двухъ источниковъ черпались всѣ геологическія и палеонтологическія свѣдѣнія; свободному изслѣдованію не было мѣста: изъ Библіи готовымъ бралось представленіе о сотвореніи міра въ семь дней и о Ноевомъ потопѣ; Аристотель же училъ, что окаменѣлости не составляютъ остатковъ вымершихъ животоыхъ: онѣ образовались въ горной породѣ путемъ какихъ то непонятныхъ процессовъ; это — „игра природы“.

Послѣднее представленіе мы находимъ уже въ XI вѣкѣ у арабскаго врача и естествоиспытателя *Ибнъ Сины* (Авицены); въ своемъ сочиненіи о классификаціи и образованіи камней онъ допускаетъ, что окаменѣлости образовались въ землѣ дѣйствіемъ особой пластической силы. Въ XIII столѣтіи, во времена *Альберта Великаго,* это мнѣніе пріобрѣло на западѣ много сторонниковъ; окаменѣлости разсматривали, отчасти, какъ игру природы, отчасти, въ нихъ видѣли первыя попытки творенія: прежде, чѣмъ приступить къ созданію живыхъ существъ, природа творила ихъ мертвые прототипы. *Фаллопій* считалъ ископаемые зубы мамонта и черепки

посуды доисторическаго человѣка, находимые въ Монте Тестачьо, близъ Рима, землистыми конкреціями, а *Агрикола* полагалъ, что раковины, находимыя въ горахъ, образовались изъ тягучей матеріи при дѣйствіи теплоты; въ окаменѣлыхъ костяхъ, отпечаткахъ листьевъ и рыбъ онъ видѣлъ остатки прежнихъ животныхъ и растеній, отвердѣвшихъ при посредствѣ особаго каменнаго сока. Другіе приписывали образованіе окаменѣлостей вліянію звѣздъ. Еще въ прошломъ столѣтіи много приверженцевъ имѣла теорія, которая допускала, что съ моря дуетъ особый вѣтеръ, вызывающій въ горныхъ породахъ образованіе „фигурныхъ камней“. По крайней мѣрѣ, такое происхожденіе приписывалъ одинъ путешественникъ развалинамъ и мраморнымъ статуямъ города, открытаго имъ въ киренейской пустынѣ сѣверной Африки.

Невѣроятно, что подобныя воззрѣнія могли такъ долго продержаться. Но предразсудки коренились слишкомъ глубоко и еще въ нынѣшнемъ столѣтіи имѣли сво-

Рис. 13. Формы вывѣтриванія мрамора, представленныя Кирхеромъ въ видѣ города съ башнями.

ихъ приверженцевъ; одинъ извѣстный геологъ разсматривалъ окаменѣлости, какъ не рождавшіеся никогда зародыши организмовъ древнѣйшихъ періодовъ. Не трудно понять, какъ подобныя мнѣнія могли возникнуть въ ту эпоху, когда не было еще и слѣдовъ правильныхъ историческихъ воззрѣній. Въ прихотливыхъ узорахъ агата и мрамора при нѣкоторой фантазіи легко увидѣть изображенія людей, животныхъ растеній, виды и все, что угодно. Это, конечно, не окаменѣлости существовавшихъ нѣкогда тѣлъ; городъ съ башнями (часть такъ-называемыхъ мраморныхъ развалинъ, см. рис. 13) былъ, очевидно, случайнымъ образованіемъ, но разъ подобныя образованія казались возможными, то нетрудно было смѣшать съ ними и настоящія окаменѣлости.

Какъ ни распространенъ былъ взглядъ, по которому окамѣнелости считались просто фигурными камнями, тѣмъ не менѣе онъ нашелъ противниковъ. Въ борьбу съ нимъ вступила школа, которая видѣла въ окаменѣлостяхъ слѣды Ноева потопа. Споръ по этому вопросу, затянувшійся на цѣлые вѣка, былъ, кажется, начатъ неаполитанцемъ *Александро* въ XV столѣтіи; онъ утверждалъ, что ископаемыя рако-

вины, находимыя въ Калабрійскихъ горахъ, занесены сюда потопомъ. *Орозій* еще въ V столѣтіи высказывалъ подобное воззрѣніе. Въ ту эпоху теологія господствовала надъ всѣми науками, и религіозные вопросы были главнѣйшими предметами изслѣдованія. Естественно, что этотъ взглядъ принимался съ охотою и находилъ большое число приверженцевъ. Во всякомъ случаѣ онъ имѣлъ уже то преимущество передъ взглядами, приведенными раньше, что разсматривалъ окаменѣлости, какъ остатки жившихъ нѣкогда организмовъ,—животныхъ и растеній.

Теорія всемірнаго потопа все болѣе и болѣе утверждалась: въ XVI столѣтіи она не играла еще главенствующей роли, но въ XVII в. и въ началѣ XVIII вѣка пріобрѣла громадное количество сторонниковъ, и цѣлый рядъ выдающихся изслѣдователей, каковы *Вудвардъ, Байеръ, Шейхцеръ* и др., поддерживали ее. Выступивъ противникомъ того мнѣнія, которое считало окаменѣлости игрою природы, Шейхцеръ пропагандировалъ свои убѣжденія съ большимъ жаромъ и одушевленіемъ. Въ его сочиненіи „Piscium querelae et vindiciae" огромная окаменѣлая щука изъ Энингенскихъ каменоломенъ выступаетъ въ качествѣ представителя ископаемыхъ рыбъ и въ длинной латинской рѣчи жалуется на ту страшную несправедливость, жертвою которой сдѣлались вымершія рыбы: ни въ чемъ неповинныя, онѣ были уничтожены во время потопа и теперь ихъ даже не хотятъ считать тѣмъ, чѣмъ онѣ были на самомъ дѣлѣ, а разсматриваютъ, какъ минеральныя образованія. Позднѣе, когда въ Энингенѣ была найдена исполинская саламандра, Шейхцеръ принялъ ее за одного изъ тѣхъ нечестивыхъ людей, которые погибли во время потопа, и воспѣлъ ее въ звучныхъ стихахъ. „Это рѣдкій памятникъ проклятаго Богомъ допотопнаго человѣка", говоритъ онъ; „можно хорошо видѣть очертанія лобной кости, края глазничныхъ впадинъ, отверстія, черезъ которыя проходилъ большой нервъ пятой пары, остатки мозга, скуловую кость, слѣды носа, кусокъ жевательной мышцы, шестнадцать спинныхъ позвонковъ и обрывки кожи".

„Истлѣвшій прахъ бѣдняги-нечестивца,
Смягчи злодѣйства нынѣшнихъ временъ!"

Нельзя не пожалѣть, что этотъ почтенный и выдающійся изслѣдователь, въ пылу увлеченія, такъ далеко уклонился отъ истины. Но среди современниковъ упомянутое сочиненіе доставило автору огромную извѣстность и отодвинуло на второй планъ другіе выдающіеся труды Шейхцера, въ которыхъ онъ является отцомъ альпійскихъ изслѣдованій. Послѣ смерти Шейхцера борьба между представителями обѣихъ школъ продолжалась, но побѣдить другъ друга имъ не удалось: подъ давленіемъ новаго болѣе правильнаго взгляда на окаменѣлости оба направленія исчезли и забылись.

Въ исторіи науки постоянно повторяется замѣчательное явленіе: когда новое воззрѣніе появляется не вслѣдствіе накопленія новыхъ очевидныхъ фактовъ, а только потому, что давно извѣстныя наблюденія получаютъ правильное объясненіе, то ему не приходится вступать въ борьбу съ старыми идеями и побѣждать ихъ силою доводовъ; оно утверждается само собой: представители старыхъ мнѣній вымираютъ, а молодыя поколѣнія принимаютъ новую теорію, какъ очевидную; для полнаго признанія ея требуется только время.

Однако, и въ ранніе періоды нашей науки выдвигались люди, высказывавшіе несравненно болѣе правильные взгляды, чѣмъ тѣ, которые пропагандировались обѣими господствовавшими школами; и всего удивительнѣе то обстоятельство, что эти люди

не принадлежали къ числу присяжныхъ ученыхъ: это были просто мыслящіе дилетанты; не стѣсняясь общепринятыми взглядами, они легко могли уберечься отъ заблужденій и посмотрѣть на вещи, какъ слѣдуетъ. Извѣстно, что однимъ изъ первыхъ высказалъ правильное представленіе объ образованіи окаменѣлостей величайшій художникъ *Леонардо да-Винчи:* въ молодости, руководя прорытіемъ канала, онъ открылъ богатыя скопленія ископаемыхъ раковинъ и сдѣлалъ выводъ, что уровень моря прежде былъ выше, чѣмъ теперь, и что найденныя имъ раковины жили въ водѣ. По присутствію же закругленныхъ галекъ онъ заключилъ, что здѣсь вливалась въ море рѣка, которая и принесла эти камни.

Въ томъ же смыслѣ высказался нѣсколько позднѣе *Фракасторо*, а въ 1580 г. парижскій фабрикантъ *Палисси* вызвалъ цѣлый университетъ на диспутъ по вопросу объ окаменѣлостяхъ. Но всѣ эти догадки были болѣе или менѣе случайны и имѣли мало вліянія: XV и XVI вв. не благопріятствовали ихъ распространенію. Даже въ XVII в. онѣ не достигли еще общаго признанія, хотя цѣлый рядъ выдающихся изслѣдователей, каковы, напримѣръ, *Фабіо Колонна* и датчанинъ *Стено,* жившій во Флоренціи, явились ихъ защитниками и пропагандистами. Только въ послѣдніе годы XVII и XVIII вв. правильные взгляды начинаютъ утверждаться; у всѣхъ писателей этого времени замѣтно стремленіе ниспровергнуть противуположныя мнѣнія; благодаря трудамъ *Лейбница, Спенера, Гука, Валлиснери, Спады* и др., мало-по-малу распространяется убѣжденіе, что окаменѣлости представляютъ остатки животныхъ и растеній, населявшихъ землю въ минувшіе періоды.

Другія попытки геологическихъ изслѣдованій были такъ же чужды правильной постановки, какъ и объясненія окаменѣлостей; существеннымъ препятствіемъ и здѣсь являлись еврейскія легенды о происхожденіи міра: большинство находилось подъ непосредственнымъ вліяніемъ ихъ неоспоримаго авторитета, другіе же опасались тѣхъ роковыхъ послѣдствій, которыя грозили всякому, кто дерзнетъ выступить противъ нихъ. Въ теченіе многихъ тысячелѣтій эта точка зрѣнія оказывалась преобладающей, и только путемъ тяжелой борьбы удалось геологіи завоевать себѣ независимое положеніе. Впрочемъ, и въ настоящее время весьма распространенъ взглядъ, что всякое разногласіе между буквой преданія и свободнымъ изслѣдованіемъ представляетъ печальное явленіе: поэтому многіе еще смотрятъ на геологію, какъ на опасную и стоящую на ложномъ пути науку.

Трудно понять такое отношеніе къ дѣлу. Религія не пострадала, когда былъ установленъ фактъ движенія земли около солнца, и убѣжденія вѣрующихъ точно такъ же не поколеблятся, когда въ массахъ будутъ распространяться правильныя геологическія воззрѣнія.

Указанныя обстоятельства являлись слишкомъ неблагопріятными для развитія геологіи. Не стоитъ говорить о тѣхъ взглядахъ, которые долгое время были господствующими: они представляютъ не болѣе, какъ убогіе пересказы древнихъ легендъ. Впервые были высказаны самостоятельныя и во многихъ отношеніяхъ правильныя воззрѣнія тѣмъ самымъ Стено (1669 г.), который, какъ это указывалось выше, справедливо объяснялъ и происхожденіе окаменѣлостей. Онъ обратилъ вниманіе на слоистость горныхъ породъ и заключилъ отсюда, что послѣднія осѣли изъ воды. Первоначально всѣ пласты были расположены горизонтально, и наклонъ ихъ вызванъ позднѣйшими геологическими процессами вулканическаго характера. Стено различалъ озерные и морскіе осадки, какъ это, впрочемъ, дѣлалъ и до него Фабіо

Колонна. Изучая характеръ залеганія горныхъ породъ, онъ пытался установить нѣчто вродѣ геологической хронологіи. Такимъ путемъ ему удалось доказать, что Тоскана, изученіемъ которой онъ занимался, въ предыдущіе періоды жизни земли два раза была покрыта водой, два раза представляла низменную долину и два раза была горною страной. Въ частностяхъ, конечно, и у него много ошибокъ, невѣрныхъ наблюденій и объясненій; но во всякомъ случаѣ заслуга этого изслѣдователя въ томъ, что онъ сдѣлалъ попытку поставить объясненія явленій на точную экспериментальную почву и высказалъ много правильныхъ взглядовъ. Заслуга эта такъ велика, что Болонскій международный конгрессъ геологовъ въ 1881 году постановилъ воздвигнуть надъ могилою Стено памятникъ.

Еще выше стоятъ по своему значенію геологическія воззрѣнія великаго *Лейбница* (1680), весьма близкія къ современному представленію объ образованіи нашей планеты. По его мнѣнію, земля была первоначально въ расплавленномъ состояніи и только путемъ медленнаго остыванія превратилась въ твердый шаръ; при этомъ возникли первыя, по большей части, стекловатыя горныя породы; при этомъ, разумѣется, и кварцъ былъ принятъ за стекло. Когда земля достаточно охладилась, вода пала на ея поверхность проливнымъ дождемъ и образовала моря. Эти моря покрывали сначала всю землю, и въ нихъ возникли первыя осадочныя породы. На мѣстѣ пустотъ или пузырей, образовавшихся при остываніи земли, произошли обвалы, и вода постепенно заполнила впадины. Такимъ путемъ шли непрерывныя измѣненія въ теченіе долгихъ періодовъ времени до тѣхъ поръ, пока не установилось наблюдаемаго теперь равновѣсія.

Совсѣмъ иной характеръ носитъ удивительная точка зрѣнія іезуита *Аѳанасія Кирхера,* также занимавшагося вопросомъ о происхожденіи земли. Но на ряду съ этимъ мы находимъ у него цѣлый рядъ любопытнѣйшихъ наблюденій и выводовъ. Заслуживаетъ упоминанія, что этотъ изслѣдователь допускалъ существованіе внутри земли такъ-называемыхъ *пирофилацій,* т. е. участковъ расплавленной массы, питающихъ вулканы (см. рис. 14). Этотъ взглядъ поразительно близокъ къ тѣмъ представленіямъ, которыя имѣютъ въ наше время широкое распространеніе. Точно также находимъ мы у Кирхера впервые и другую замѣчательную мысль, разработанную въ нынѣшнемъ столѣтіи *Эли де-Бомономъ,* именно, что горы расположены по извѣстнымъ геометрически правильнымъ линіямъ. Наконецъ, этотъ же изслѣдователь произвелъ первыя наблюденія, показавшія, что земля по мѣрѣ приближенія къ ея центру, напримѣръ въ глубокихъ рудникахъ, становится теплѣе. Если присоединить сюда описаніе великаго Калабрійскаго землетрясенія въ 1638 году и описаніе южно-итальянскихъ вулкановъ (послѣднее, къ сожалѣнію, снабжено неестественными рисунками Этны и Везувія), то станетъ вполнѣ понятнымъ, почему авторъ сочиненія „Mundus subterraneus" долженъ занять почетное мѣсто въ геологической литературѣ XVII столѣтія.

Изъ англійскихъ изслѣдователей необходимо здѣсь упомянуть *Гука* (*Hooke*, 1668) и знаменитаго зоолога *Рея* (Ray, 1692); оба эти ученые значительно опередили свое время и высказали поразительно вѣрныя идеи, къ сожалѣнію, перепутанныя съ ошибочными представленіями. Они считали возможнымъ по остаткамъ животныхъ, находимымъ въ послѣдовательныхъ слояхъ, возстановить исторію организмовъ со временъ Адама и до потопа. По формѣ нѣкоторыхъ ископаемыхъ Гукъ пришелъ къ заключенію, что въ древнѣйшіе періоды въ Англіи господствовалъ болѣе теплый климатъ.

Такимъ образомъ, и этотъ отдѣлъ нашей науки постепенно развивался. На границѣ между древнимъ и новымъ періодомъ естествознанія стоитъ *Бюффонъ*. Въ серединѣ прошлаго столѣтія онъ явился блестящимъ защитникомъ лучшихъ идей того времени: опираясь на наблюденія *Геттара* (Guettard), стараго геолога съ современнымъ направленіемъ, онъ развивалъ взгляды, во многихъ отношеніяхъ близ-

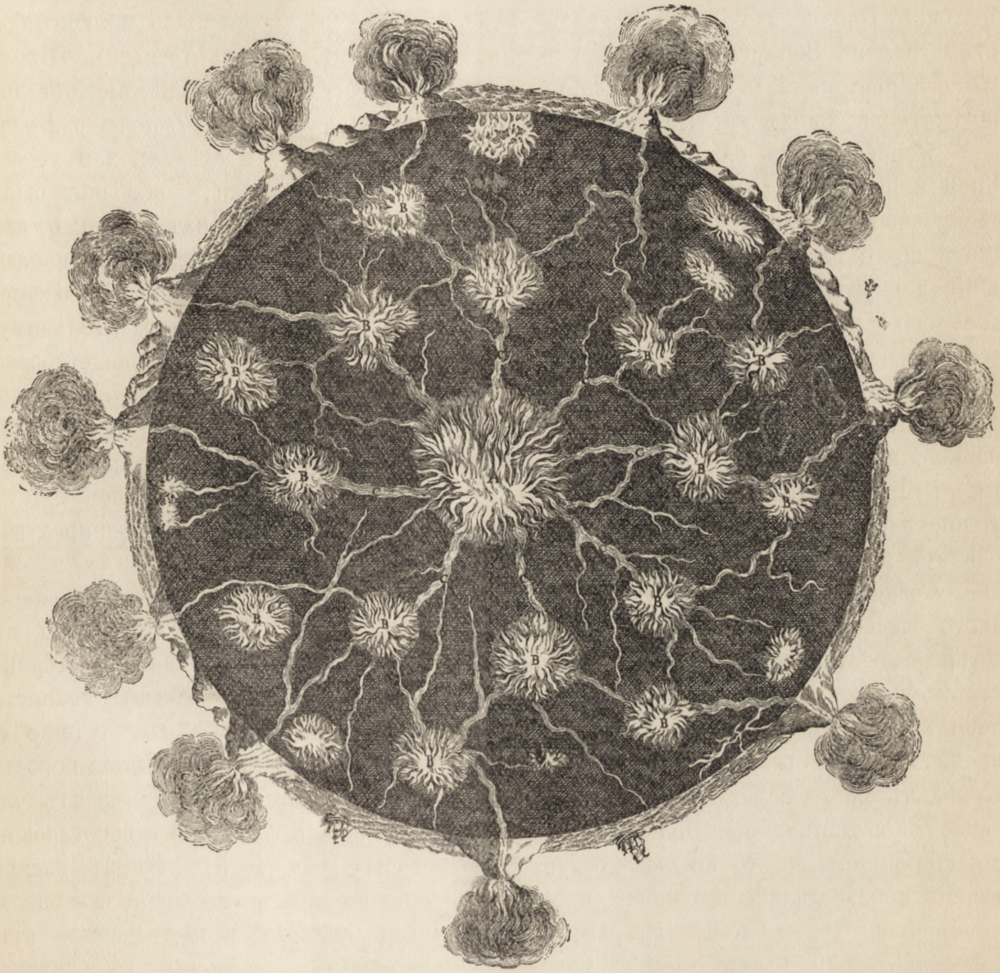


Рис. 14. Внутренность земли и дѣятельность вулкановъ по Кирхеру.

кіе къ нашимъ, и вполнѣ отрѣшился отъ вѣковыхъ традицій. Этой заслуги не можетъ омрачить даже и то, что онъ впослѣдствіи измѣнилъ свои воззрѣнія.

Развитіе новѣйшей геологіи началось съ того момента, когда въ широкихъ размѣрахъ стали производиться такія точныя и детальныя наблюденія природы, возможность которыхъ въ прежнее время даже и не предугадывалась. Въ старыхъ сочиненіяхъ мы находимъ широкія теоретическія сопоставленія и рядомъ съ ними единичныя экспериментальныя данныя. Въ настоящее время перевѣсъ на сторонѣ наблюденій. На ряду съ французскимъ ученымъ Геттаромъ, о которомъ уже упоминалось, здѣсь слѣдуетъ назвать англичанъ *Митчеля* и *Пэка (Packe)*, авторовъ

первыхъ геологическихъ картъ, и итальянца *Ардуино* (1759). Но первое мѣсто среди этихъ изслѣдователей принадлежитъ нѣмцамъ: *Леману* (1756) и *Фюкселю* (1762); точныя наблюденія ихъ надъ характеромъ залеганія осадочныхъ породъ легли въ основу современной геологіи и составляютъ ихъ главнѣйшую заслугу.

Великій человѣкъ, который впервые далъ научной геологіи или геогнозіи точныя основанія, упомянутъ въ началѣ этой главы. Это—знаменитый профессоръ фрейбергской горной академіи *Готлибъ Авраамъ Вернеръ*, родившійся 25 сентября 1750 года въ Верау на Квисѣ и умершій 30 іюня 1817 года въ Дрезденѣ. Школа его распространилась по всему свѣту, и къ числу его учениковъ принадлежатъ два замѣчательнѣйшихъ изслѣдователя — *Александръ Гумбольдтъ* и *Леопольдъ Бухъ*.

Вернеръ былъ одаренъ способностями систематизатора и сдѣлалъ для геологіи и минералогіи то же, что Линней для зоологіи и ботаники; — оба они были прекрасными наблюдателями, оба сознавали, чего не достаетъ ихъ наукамъ для правильнаго развитія, оба создали прочныя системы, охватывавшія прежнія наблюденія и служившія исходнымъ пунктомъ для новыхъ. Они установили новую терминологію, указали новые методы изслѣдованія и дали толчокъ къ поразительному, можно сказать, чудесному развитію естествознанія. Эти ученые господствовали надъ идеями и фактами своего времени, авторитетъ ихъ былъ общепризнанъ по крайней мѣрѣ, до тѣхъ поръ, пока ихъ силы не стали клониться къ упадку. Однако, ни тотъ, ни другой не были одарены способностью глубокаго проникновенія въ причины явленій и тѣмъ геніальнымъ полетомъ мысли, который переходитъ за предѣлы непосредственнаго опыта, опережаетъ идеи современниковъ, предугадываетъ и предсказываетъ еще непонятныя имъ истины.

Создавъ отсутствовавшую до тѣхъ поръ классификацію минераловъ, Вернеръ много способствовалъ развитію этой науки; затѣмъ онъ направилъ свои силы на петрографію (ученіе о горныхъ породахъ) и далъ опредѣленное значеніе терминамъ, употреблявшимся до тѣхъ поръ довольно произвольно, каковы: гранитъ, сіенитъ, гнейсъ, базальтъ; вслѣдствіе этого, сдѣлалось возможнымъ изученіе и сравненіе различныхъ мѣстностей. Вернеръ обратилъ вниманіе на слоистыя породы и сдѣлалъ много наблюденій надъ характеромъ ихъ залеганія. Онъ указалъ на важность паденія и простиранія слоевъ и сталъ различать согласное и несогласное напластованіе. Все это не было безусловною новостью: многія изъ такихъ изслѣдованій производились и раньше, но Вернеръ далеко двинулъ ихъ впередъ и ввелъ во всеобщее употребленіе. На-ряду съ этимъ онъ принялъ заимствованное отъ Фюкселя дѣленіе всѣхъ горныхъ породъ, по времени ихъ осажденія, на большія группы. или такъ-называемыя „формаціи“; что же касается его представленій о послѣдовательности напластованія, то въ этомъ отношеніи онъ немного опередилъ своихъ предшественниковъ Лемана и Фюкселя.

Всѣ эти великія заслуги Вернера и даютъ ему право именоваться отцомъ геологіи. Въ исторіи новаго направленія науки, сдѣлавшаго наблюденіе своимъ достояніемъ, заслуживаетъ вниманія то обстоятельство, что въ созданіи господствующей системы не играли роли большія путешествія, такъ расширяющія кругозоръ; эта система обязана своимъ происхожденіемъ глубокому изученію одной небольшой мѣстности, Саксонскихъ Рудныхъ горъ.

Не такъ счастливъ былъ Вернеръ въ своихъ теоретическихъ выводахъ: по его мнѣнію, подъ всѣми новѣйшими образованіями лежатъ такъ называемыя „пер-

возданныя“ породы, каковы гранитъ, гнейсъ, слюдяной и глинистый сланцъ, порфиръ и др.; надъ ними располагаются „слоистыя“ породы, и еще выше — „наносы“. Всѣ эти породы, за исключеніемъ первозданныхъ, выдѣлились изъ воды и образовали рядъ горизонтальныхъ, или только слабо наклоненныхъ пластовъ; сильный наклонъ Вернеръ разсматриваетъ какъ исключеніе, вызванное мѣстными колебаніями. По его мнѣнію, общія и сколько-нибудь значительныя нарушенія въ правильности напластованія невозможны; вулканическая дѣятельность относится только къ послѣднему времени, представляетъ мѣстное явленіе и въ древнѣйшіе періоды жизни земли не существовала. Поэтому позднѣйшія изверженныя породы третичной системы, и прежде всего базальтъ, Вернеръ считалъ осадочными образованіями: базальтъ самая новая изъ слоистыхъ породъ, составлялъ первоначально общій покровъ всѣхъ материковъ; постепенно дѣйствіемъ разрушительныхъ процессовъ онъ былъ уничтоженъ, и теперь мы находимъ въ различныхъ странахъ только отдѣльные „купола“ этой породы. Наконецъ, послѣдовательность требовала принять, что въ различные періоды жизни земли, путемъ какихъ то непонятныхъ процессовъ, вода въ моряхъ опускалась и поднималась и что горы обязаны своимъ происхожденіемъ размывающей дѣятельности воды.

Таковы въ общихъ чертахъ взгляды Вернера; характеризовать его ученіе можно только приблизительно, такъ какъ точныхъ данныхъ для этого не имѣется. Съ успѣхомъ подвизаясь на почвѣ профессорской дѣятельности, онъ не имѣлъ расположенія къ напряженной литературной работѣ и напечаталъ немного статей; онѣ не даютъ никакого представленія о его воззрѣніяхъ. Въ нашемъ сужденіи объ ученіи Вернера мы можемъ руководствоваться только опубликованными позже записками одного изъ его учениковъ; но уже современники указывали, что пользоваться этимъ источникомъ нужно съ большою осторожностью. Несомнѣнно, что въ теоретическихъ воззрѣніяхъ Вернера содержатся крупныя ошибки. Въ ближайшую затѣмъ эпоху, когда геологія во многихъ отношеніяхъ впала въ другія крайности, эти промахи ставились Вернеру въ вину, а нѣкоторые близорукіе люди видѣли въ его ученіи тормазъ для дальнѣйшаго развитія науки: это было и жестоко, и несправедливо. Конечно, нѣкоторое упорство Вернера и особенно слѣпыхъ его послѣдователей въ вопросѣ о базальтахъ дали поводъ къ безконечнымъ спорамъ, на которые безрезультатно тратилось много силъ; но это не умаляетъ нисколько заслугъ Вернера: онъ положилъ начало научной геологіи и поднялъ ее на такую высоту, о которой до него нельзя было и мечтать.

Одновременно съ Вернеромъ, а отчасти и раньше, выступилъ цѣлый рядъ выдающихся людей, которые, принявъ въ извѣстной степени методъ великаго геолога, сумѣли избѣжать его ошибокъ и указали на факты, которые не подтверждаютъ воззрѣній Вернера. Среди этихъ изслѣдователей прежде всего слѣдуетъ упомянуть *Соссюра*. перваго альпійскаго геолога съ новымъ направленіемъ. Наблюдая въ окрестностяхъ Монблана чередованіе пластовъ конгломератовъ съ известняками и сланцами и обративъ вниманіе на ихъ вертикальное положеніе, этотъ ученый сдѣлалъ выводъ, что здѣсь въ обширныхъ размѣрахъ происходили сгибанія и разрывы земной коры; явленія эти, наблюдаемыя и въ другихъ мѣстностяхъ Альпъ, не соотвѣтствовали представленіямъ Вернера о спокойномъ развитіи.

Вопросъ о базальтахъ вызвалъ всеобщее возбужденіе. Взгляды Вернера оспаривались въ Германіи *Фойгтомъ*, практикомъ-геологомъ, много сдѣлавшимъ въ

смыслѣ изученія Тюрингскаго лѣса. Споръ сталъ скоро всеобщимъ, и въ разныхъ странахъ началась борьба учениковъ и противниковъ Вернера, нептунистовъ и вулканистовъ; въ концѣ концовъ, особенно со времени выступленія шотландской школы *Гюттона* (Hutton), вопросъ свелся къ тому, обязаны-ли своимъ возникновеніемъ массивныя горныя породы, — гнейсы, кристаллическіе сланцы, — огню, или водѣ.

Гюттонъ, выступившій со своимъ ученіемъ въ концѣ прошлаго столѣтія (1788), руководствовался изученіемъ такъ называемыхъ жилъ, заполняющихъ трещины различныхъ слоистыхъ и неслоистыхъ породъ; происхожденіе трещинъ онъ приписывалъ разрывамъ, заполненіе же ихъ горной породой разсматривалъ, какъ вулканическій процессъ: по его представленію, во многихъ случаяхъ вполнѣ правильному, расплавленная масса вливалась въ эти щели. Такимъ образомъ онъ разсматривалъ сначала происхожденіе базальтовъ и по тѣмъ измѣненіямъ, которыя наблюдаются въ горной породѣ около жилъ, дѣлалъ заключеніе о дѣйствіи жара. Скоро онъ распространилъ свою теорію на всѣ массивныя породы, начиная съ гранита, и утверждалъ, что онѣ представляютъ застывшую расплавленную массу. Кристаллическіе сланцы онъ разсматривалъ какъ слоистыя породы, измѣненныя дѣйствіемъ внутренней теплоты земли. Такимъ образомъ, Гюттонъ является основателемъ спорнаго и до сихъ поръ ученія о метаморфизмѣ, т. е. о тѣхъ измѣненіяхъ и перекристаллизаціи горныхъ породъ, которыя происходятъ послѣ ихъ образованія. Въ развитіи своихъ взглядовъ Гюттонъ пошелъ весьма далеко и утверждалъ, что обычные морскіе осадки превратились только дѣйствіемъ земной теплоты въ известнякъ, песчаникъ, глинистый сланецъ и т. д. Образованіе горъ Гюттонъ приписывалъ поднятіямъ земной коры, которыя называются дѣйствующими снизу вулканическими силами. Особенной заслугой этого изслѣдователя является то, что онъ впервые далъ удовлетворительное представленіе о громадности промежутковъ времени, въ теченіе которыхъ совершались измѣненія земной поверхности.

Сочиненія *Гюттона* написаны неяснымъ и трудно понятнымъ языкомъ. Это могло бы послужить препятствіемъ къ распространенію его взглядовъ, если бы *Плейферъ* (Playfair), его другъ и послѣдователь, не изложилъ ихъ въ ясной формѣ и не собралъ бы многихъ наблюденій, подтверждающихъ воззрѣнія *Гюттона*. Важное значеніе для этой теоріи имѣли знаменитые опыты *Джемса Голля* (James Hall) надъ плавленіемъ и застываніемъ горныхъ породъ.

Теорія *Гюттона*, поскольку она касается дѣйствія внутренней теплоты земли и поскольку разсматриваетъ массивныя горныя породы, какъ продукты застыванія расплавленной массы, и выясняетъ дѣятельность горообразующихъ силъ, представляетъ большое преимущество передъ воззрѣніями Вернера. Гюттонъ впервые подмѣтилъ существованіе гранитныхъ жилъ, и это составляетъ одно изъ интереснѣйшихъ геологическихъ наблюденій. Наконецъ, всѣ тѣ изслѣдователи, которые стояли на точкѣ зрѣнія плутоническаго метаморфизма Гюттона и занимались изслѣдованіемъ измѣненій горныхъ породъ подъ вліяніемъ внутренней теплоты земли, сказали большія услуги ученію о метаморфизмѣ вообще. Послѣднее обстоятельство не признается безчисленными противниками Гюттона, тѣмъ не менѣе и они согласны, что этотъ ученый своими идеями способствовалъ сильному научному возбужденію.

На ряду съ вѣрными взглядами, мы находимъ у Гюттона и его послѣдователей и глубокія заблужденія; преувеличенныя представленія о значеніи внутренней теплоты земли, примѣняемыя даже къ объясненію осадочныхъ породъ, сдѣлали все ученіе одностороннимъ. Объясненіе образованія горъ посредствомъ вулканическихъ силъ тоже не выдерживаетъ критики, хотя и представляетъ значительный шагъ впередъ, сравнительно съ теоріями Вернера.

Тѣмъ не менѣе можно сказать, что ученіе Гюттона на много десятилѣтій опредѣлило направленіе геологіи. Ближайшимъ его послѣдствіемъ былъ споръ между „вулканистами“ и „нептунистами“, послѣдователями Вернера и Гюттона. Споръ этотъ велся съ ожесточеніемъ и упорствомъ до тѣхъ поръ, пока, уже послѣ смерти Вернера, огонь не восторжествовалъ надъ водою: въ это время выдающіеся изъ учениковъ „отца геологіи“, *Леопольдъ ф. Бухъ* и *Александръ Гумбольдтъ,* изъ уваженія къ учителю, не принимавшіе при его жизни участія въ спорахъ, пытались установить изверженный характеръ базальтовъ. Путешествіе по Италіи и наблюденія надъ потухшими вулканами Франціи убѣждали ихъ въ этомъ.

Казалось, что борьба двухъ враждебныхъ школъ поглотила всѣ интересы геологіи. Къ счастью, нашлись люди, которые, утомившись полемикой, стали заниматься непосредственными наблюденіями природы и подготовили почву для дальнѣйшаго развитія науки. Среди такихъ изслѣдованій едва-ли не первое мѣсто занимаетъ точное опредѣленіе главнѣйшихъ особенностей залеганія горныхъ породъ и подробное изученіе осадковъ, производившееся въ разныхъ странахъ цѣлымъ рядомъ выдающихся изслѣдователей. Реакція противъ спора „вулканистовъ“ и „нептунистовъ“ обнаружилась прежде всего въ Англіи: въ 1807 году здѣсь было основано и нынѣ процвѣтающее геологическое общество: оно поставило своей задачей заняться собираніемъ наблюденій, независимо отъ разногласія теоретическихъ мнѣній. Опорой для такихъ изслѣдованій должны были служить работы *Вильяма Смита* (1839), замѣчательнѣйшаго и почтеннаго изслѣдователя, занимавшагося изученіемъ осадочныхъ породъ.

И *Вернеръ* и *Гюттонъ* не обращали вниманія на присутствіе окаменѣлостей въ различныхъ слоистыхъ породахъ. *Вильямъ Смитъ* восполнилъ этотъ пробѣлъ и сообщилъ новое направленіе стратиграфіи. *Смитъ* не былъ ученымъ, но обладалъ геніемъ; не предчувствуя значенія своихъ открытій, онъ при своей скромности, вѣроятно, и не опубликовалъ бы сдѣланныхъ имъ наблюденій, если бы къ тому не побудили его друзья. Не имѣя никакихъ связей съ учеными того времени, этотъ талантливый самоучка сдѣлалъ предметомъ своихъ изслѣдованій слоистыя породы Англіи. Руководя постройкой одного канала, онъ получилъ возможность произвести цѣлый рядъ наблюденій надъ породами, заключающими много окаменѣлостей. Еще молодымъ человѣкомъ, всего лишь двадцати шести лѣтъ отъ роду, *Смитъ* пришелъ къ замѣчательному заключенію: „всѣ пласты, говоритъ онъ, послѣдовательно осаждались на днѣ моря, и каждый изъ нихъ содержитъ въ себѣ остатки организмовъ, которые жили во время его образованія; въ каждомъ пластѣ наблюдаются свои собственныя окаменѣлости, и по нимъ то въ извѣстныхъ случаяхъ можно установить одновременность образованія породъ различныхъ мѣстностей“. Такимъ путемъ удалось ему всю группу англійскихъ осадочныхъ породъ, начиная отъ каменноугольной системы и кончая мѣловою, разложить на извѣстное число отдѣловъ, которые въ различныхъ мѣстностяхъ земли встрѣчаются съ тѣми

же окаменѣлостями. Самъ *Смитъ* не былъ знакомъ съ окаменѣлостями, но случай свелъ его съ двумя любителями палеонтологіи *Ричардсономъ* и *Тоунсендсомъ* (Townsends), которые и обрабатывали собранныя имъ коллекціи. Въ то время Смитъ вовсе не думалъ еще объ опубликованіи добытыхъ имъ результатовъ: случайно, за обѣдомъ, одинъ изъ друзей предложилъ записать установленную послѣдовательность слоевъ. Смитъ тутъ же продиктовалъ короткую табличку, въ которой перечислялись названія двадцати трехъ послѣдовательныхъ группъ, указывалась ихъ мощность, главнѣйшія окаменѣлости, свойства составляющихъ ихъ горныхъ породъ и тѣ мѣстности, гдѣ производились наблюденія. Таблица не была напечатана, но распространилась въ многочисленныхъ рукописныхъ снимкахъ; она оказала громадное вліяніе на геологическіе взгляды и работы. Только черезъ двадцать лѣтъ Смитъ изложилъ результаты своихъ изслѣдованій въ большомъ сочиненіи. Нѣсколькими годами раньше появилась его геологическая карта Англіи, составлявшая результатъ продолжительной и упорной работы; это — незыблемый памятникъ величественнаго духа Смита.

Въ направленіи, указанномъ Смитомъ, продолжалъ работать въ Англіи цѣлый рядъ выдающихся геологовъ, каковы: *Букландъ* (Buckland), *Фиттонъ* (Fitton), *Мантель* (Mantell), *Филлипсъ* (Phillips) и др., — во Франціи же выступили два изслѣдователя — *Броньяръ* и *Кювье* (1808). Послѣдніе два ученые быстро двинули науку впередъ и сдѣлали для окрестностей Парижа то же, что Смитъ для Англіи; ихъ выводы имѣли огромное вліяніе, такъ какъ изученіе окаменѣлостей велось рука объ руку съ стратиграфическими изслѣдованіями. Особенно великъ былъ успѣхъ въ изслѣдованіи новѣйшихъ отложеній, относящихся къ такъ-называемой третичной системѣ.

*

Это время характеризуется блестящимъ развитіемъ палеонтологіи. Кювье, примѣнившій къ ней строго-научный методъ, съ несомнѣнностью доказалъ, что большинство ископаемыхъ животныхъ и растеній принадлежитъ къ вымершимъ родамъ и видамъ и что по ихъ остаткамъ можно возстановить картину первобытнаго міра. Это открытіе имѣло огромную важность для дальнѣйшихъ успѣховъ геологіи, которая съ тѣхъ поръ и развивается въ зависимости отъ палеонтологическихъ открытій. Ближайшимъ слѣдствіемъ выводовъ Кювье было, однако, ложное представленіе объ исторіи земли: великій изслѣдователь создалъ цѣлую теорію о распредѣленіи вымершихъ организмовъ въ древнѣйшіе періоды, но она оказалась впослѣдствіи совсѣмъ невѣрною. Было установлено, что каждая формація характеризуется своими окаменѣлостями; Кювье пришелъ къ заключенію, что различіе между фаунами отдѣльныхъ формацій такъ-же велико, какъ между современнымъ органическимъ міромъ и животными, населявшими землю въ ближайшій къ намъ геологическій періодъ. Отсюда онъ сдѣлалъ выводъ, что въ каждый періодъ исторіи земли существовалъ особый животный и растительный міръ и что въ концѣ такихъ періодовъ происходили перевороты, вызванные дѣйствіемъ силъ, несравненно болѣе могущественныхъ, чѣмъ тѣ, которыя дѣйствуютъ нынѣ на землѣ. Эти катастрофы уничтожали все живое и очищали мѣсто для появленія новыхъ тварей. Въ исторіи земли совершался цѣлый рядъ такихъ переворотовъ; наконецъ, появился человѣкъ и современная фауна и флора.

Допущеніе всеразрушающихъ катастрофъ, новаго, внезапнаго появленія растеній и животныхъ и дѣйствія могущественныхъ, теперь вовсѣ не существую-

щихъ силъ, составляетъ ошибку изложенной теоріи. Неразъ Кювье упрекали за это, но, въ виду огромныхъ заслугъ ученаго, необходимо отнестись снисходительно къ его заблужденіямъ. Съ нашей точки зрѣнія, гипотеза Кювье не только не заслуживаетъ упрековъ, но является даже заслугой. Въ каждомъ періодѣ развитія науки необходима теорія, которая, связывая отдѣльные факты, даетъ цѣлостное представленіе объ извѣстныхъ явленіяхъ. Съ теченіемъ времени такая теорія можетъ рушиться и во многихъ отношеніяхъ оказаться ложной; но она хороша была тѣмъ, что въ свое время охватывала всю совокупность извѣстныхъ фактовъ, ни одному изъ нихъ не противорѣчила, сравнительно съ прежними воззрѣніями представляла шагъ впередъ и побуждала къ новымъ изслѣдованіямъ. Съ этой точки зрѣнія, теорія Кювье вполнѣ удовлетворительна: она установила, что животныя и растенія, находимыя въ цѣломъ рядѣ лежащихъ другъ на другѣ слоевъ, характеризуютъ извѣстныя стадіи развитія органическаго міра, и показала все значеніе геологическихъ и палеонтологическихъ изслѣдованій; уже этимъ она опередила прежнія воззрѣнія и вызвала цѣлый рядъ дальнѣйшихъ работъ. Если же впослѣдствіи она тормозила развитіе науки, то вина лежитъ не на Кювье, а на тѣхъ послѣдователяхъ, которые довели его ученіе до крайности и упорно держались своей точки зрѣнія даже тогда, когда она очевидно противорѣчила фактамъ. Теорія Кювье никогда, впрочемъ, не пользовалась общимъ признаніемъ: въ Англіи и Германіи къ ней относились нѣсколько скептически.

Періодъ геологическихъ изслѣдованій, наступившій вслѣдъ за Вернеромъ и Смитомъ, характеризуется трудами великаго человѣка, который съ полнымъ основаніемъ считается первымъ геологомъ своего времени; мы уже о немъ упоминали— это *Леопольдъ Бухъ*. Поразительная разносторонность, необычайно ясный взглядъ и живое, можно сказать, пылкое отношеніе ко всѣмъ главнѣйшимъ вопросамъ—вотъ характеристическія черты его личности, отразившіяся въ его трудахъ. Въ то время ни одно научное предпріятіе не обходилось безъ участія Буха: онъ велъ собственныя работы, возбуждалъ къ работѣ другихъ, выяснялъ значеніе чужихъ изслѣдованій и писалъ энергичныя критическія статьи. Этотъ геніальный человѣкъ охватывалъ всѣ формы научной дѣятельности; онъ далъ сильный толчокъ развитію всей науки и явился руководителемъ того періода „бури и натиска“ (Sturm- und Drang-Periode), который характеризуется въ геологіи замѣчательными успѣхами, широкими идеями и большими ошибками. Разныя сужденія высказывались о великомъ ученомъ: одни относились къ нему съ уваженіемъ, другіе, будучи не въ силахъ скрыть свою зависть къ заслугамъ Л. ф. Буха, рѣзко указывали на его недостатки.

Леопольдъ ф. Бухъ родился въ 1774 г. въ Штольпе, на Одерѣ (Укермаркѣ). Онъ занимался въ Фрейбергской горной академіи подъ руководствомъ Вернера, а потомъ въ университетѣ, въ Галле. Сначала его интересовало горное дѣло, но потомъ онъ оставилъ этотъ предметъ, чтобы посвятить себя геологіи и совершить путешествіе по Альпамъ, Италіи и Франціи. Въ началѣ своей научной дѣятельности Бухъ былъ ярымъ нептунистомъ; но, изучая итальянскіе вулканы и вулканическія горныя породы Оверни во Франціи, онъ сталъ колебаться въ своихъ взглядахъ, убѣдился, наконецъ, въ полной ихъ несправедливости и сталъ плутонистомъ. Это опредѣлило побѣду послѣдней школы. Съ тѣхъ поръ Бухъ является во главѣ всѣхъ геологическихъ изслѣдованій. Время Вернера характеризовалось тѣмъ, что его руководитель занимался глубокимъ изученіемъ небольшой мѣстности и

Рис. 15. Пикъ-Тенерифъ. Въ серединѣ кратеръ съ потоками лавы; слѣва такъ-называемый „кратеръ поднятія“.

не переносился за ея предѣлы; изъ этихъ работъ вытекали выводы, сдѣлавшіе въ наукѣ эпоху. Теперь дѣло обстояло иначе: надо было расширить изслѣдованія, надо было сравнить различныя мѣстности, перейти отъ частнаго къ общему, дать не только гипотезы, но и наблюденія.

Прежде всего, *Леопольдъ ф. Бухъ* преобразовалъ ученіе о вулканахъ. Матеріаломъ ему служили богатѣйшія изслѣдованія главныхъ вулканическихъ областей. Результаты изложены въ знаменитомъ сочиненіи о Канарскихъ островахъ. Этотъ основатель вулканологіи, высказавшій цѣлый рядъ плодотворныхъ идей, между прочимъ, предполагалъ, что лава, вулканическій туфъ или конгломераты, лежащіе вокругъ вулкана въ приподнятомъ положеніи, обязаны послѣднимъ подымающей силѣ изверженія (см. рис. 15). Отсюда вытекало дальнѣйшее слѣдствіе, что при образованіи горъ дѣйствуютъ вулканическія силы. Такъ какъ горы часто составлены изъ массивныхъ породъ, обыкновенно не наблюдаемыхъ на поверхности земли, то Бухъ заключилъ, что это — изверженныя массы, не достигшія поверхности и обнажившіяся впослѣдствіи подъ вліяніемъ разрушительныхъ процессовъ. Рука объ руку съ этими объясненіями шли важныя изслѣдованія его надъ горными системами Германіи: *Л. ф. Бухъ* показалъ, что онѣ сводятся, главнымъ образомъ, къ четыремъ направленіямъ. Во время своего путешествія по Скандинавіи онъ обратилъ также вниманіе на слѣды колебаній морскаго уровня у береговъ этой страны и, подобно Плейферу, пришелъ къ заключенію, что материки подвержены вѣковымъ колебаніямъ.

Многіе изъ выводовъ *Леопольда ф. Буха* не нашли подтвержденія.

Противъ допущенія „кратера поднятія“ выступили *Пулетъ Скропъ* (Poulett Scrope) и *Ляйэлль* (Lyell) въ Англіи и *Фридрихъ Гофманъ* въ Германіи. Они показали, что конусы вулкановъ образуются путемъ накопленія лавы и рыхлаго матеріала, расположившихся наклонными слоями. Точно также было доказано, что вулканическія силы не принимаютъ участія въ образованіи горъ. Несмотря на это, теорія *Л. ф. Буха* представляла все-таки громадный шагъ впередъ: впервые дала она цѣльное изложеніе вопроса о строеніи и происхожденіи горъ, разсматривала предметъ съ широкой точки зрѣнія, выясняла значеніе главныхъ направленій кряжей и указывала пути для дальнѣйшихъ изслѣдованій.

Другой родъ изслѣдованій Буха касается *доломита*. Порода эта была извѣстна уже съ давнихъ временъ, но существованіе большихъ залежей ея и участіе въ образованіи горъ упускалось до тѣхъ поръ изъ вида: доломитъ обыкновенно смѣшивали съ известнякомъ. *Бухъ* впервые показалъ, что на всемъ протяженіи Альпъ, во Франконіи, Тюрингіи и многихъ другихъ мѣстахъ, попадаются мощныя массы доломита. Отъ его проницательнаго взгляда не могли также ускользнуть особенности, существующія въ характерѣ залеганія и составѣ доломита; ему было ясно, что эта порода не могла отложиться нормально, какъ известнякъ. Наблюдая въ доломитовой области южнаго Тироля присутствіе изверженныхъ массъ авгитоваго порфира, *Леопольдъ ф. Бухъ* высказалъ предположеніе, что при порфировыхъ изверженіяхъ вырывались извнутри земли магнезіальные пары, которые и превратили известняки въ доломиты. Впослѣдствіи оказалось, что объясненіе это не можетъ быть удержано, но до сихъ поръ не удалось замѣнить его другимъ, болѣе точнымъ.

Съ неменьшимъ успѣхомъ занимался *Леопольдъ ф. Бухъ* стратиграфіей. Послѣ трудовъ *Смита, Броньяра* и *Кювье* этотъ отдѣлъ геологіи развивался необычайно быстро; количество извѣстныхъ системъ расширилось, благодаря изслѣдованіямъ *Седжвика* и *Мурчисона*, которые занимались изученіемъ древнѣйшихъ породъ, содержащихъ окаменѣлости. Съ другой стороны, путемъ сравненія осадковъ разныхъ странъ, было доказано значительное распространеніе отдѣльныхъ системъ, и были проведены параллели между однородными отложеніями отдаленныхъ мѣстностей. И въ этой области *Леопольдъ ф. Бухъ* работалъ съ большимъ успѣхомъ. Цѣлый рядъ важныхъ сочиненій, какъ, напр., о юрскихъ отложеніяхъ въ Германіи, показываетъ, что и здѣсь, какъ и въ другихъ областяхъ геологіи, онъ опередилъ своихъ современниковъ. Выдающееся мѣсто занимаетъ Л. Бухъ и своими палеонтологическими изслѣдованіями. Если, наконецъ, мы вспомнимъ, что онъ былъ авторомъ первой геологической карты Германіи и написалъ цѣлый рядъ сочиненій по метеорологіи, географіи растеній и др. наукамъ, то получимъ приблизительное представленіе о той разносторонней дѣятельности, на которую едва ли способенъ другой человѣкъ.

Нельзя не отмѣтить, что на ряду съ необычайными заслугами у *Леопольда Буха* встрѣчается и много значительныхъ ошибокъ. Но если кто-нибудь рѣшится упрекнуть за это изслѣдователя, то онъ обнаружитъ непониманіе того, что значитъ быть руководителемъ стремительно быстраго научнаго развитія и долженъ будетъ осудить весь блестящій періодъ пробужденія геологіи, первымъ представителемъ котораго и былъ *Л. ф. Бухъ*.

Говоря о *Леопольдѣ ф. Бухѣ,* незьзя не вспомнить о близкомъ его другѣ и товарищѣ по работамъ, *Александрѣ Гумбольдтѣ*; этотъ великій путешественникъ и естествоиспытатель сумѣлъ въ связномъ и изящномъ изложеніи представить все современное ему естествознаніе, но въ области геологіи онъ почти не занимался самостоятельными изслѣдованіями, и значеніе его въ нашей наукѣ несравненно меньше, чѣмъ *Леопольда ф. Буха.* Тѣмъ не менѣе изслѣдованія А. Гумбольдта въ Америкѣ и Сибири составляютъ цѣнный вкладъ въ геологію и заключаютъ въ себѣ немало важныхъ и плодотворныхъ идей.

Какъ уже упомянуто, Леопольдъ ф. Бухъ показалъ, что въ расположеніи горъ Германіи можно отмѣтить четыре главныхъ направленія. Руководствуясь этимъ, извѣстный геологъ *Эли де-Бомонъ* создалъ теорію горообразованія, которая долгое время обращала на себя всеобщее вниманіе. Эли де-Бомонъ, главной заслугой котораго является геологическая карта Франціи, выработанная совмѣстно съ *Дюфренуа,* развивалъ дальше идеи Буха; въ нѣкоторыхъ случаяхъ выводы его весьма цѣнны, въ другихъ — ошибочны. Подобно своему нѣмецкому предшественнику, онъ пытался, насколько позволяли факты, опредѣлить направленіе горныхъ системъ всей земли. Занимаясь этимъ вопросомъ, Эли де-Бомонъ разработалъ много фактическаго матеріала и уловилъ много новыхъ законностей; онъ впервые и не безъ успѣха пытался опредѣлить время, въ теченіе котораго образовались горы. Методъ, примѣненный имъ для этой цѣли, ясенъ и простъ: опредѣляется возрастъ самаго верхняго изъ тѣхъ пластовъ, которые участвовали въ образованіи горы. Затѣмъ опредѣляется возрастъ древнѣйшаго изъ тѣхъ осадковъ, которые лежатъ у подножія безъ нарушенія правильности ихъ пластовъ; очевидно, гора выдвинулась въ теченіе того времени, которое прошло между образованіемъ той и другой породы. Введеніе этого вполнѣ правильнаго метода оказало большія услуги наукѣ. Но уже первый выводъ, сдѣланный Эли де-Бомономъ, оказался не совсѣмъ вѣрнымъ: нѣтъ основанія предполагать, что образованіе горъ происходитъ въ *одинъ* пріемъ: пользуясь даннымъ имъ методомъ, мы не можемъ опредѣлить время, въ теченіе котораго совершался процессъ, а опредѣляемъ только начало и конецъ послѣдняго.

На этомъ выводѣ Эли де-Бомонъ построилъ цѣлый рядъ другихъ теорій, которыя оказались еще болѣе ошибочными. По его мнѣнію, всѣ параллельные горные хребты образовались одновременно; онъ даже допускалъ, что ихъ направленія правильны до такой степени, какъ ребра кристалловъ. Представляя себѣ каждую горную область результатомъ внезапнаго поднятія земной коры, Эли де-Бомонъ видѣлъ въ процессахъ ихъ образованія тѣ катастрофы, которыя, по теоріи Кювье, періодически уничтожали животный и растительный міръ. Эта гипотеза долго пользовалась большимъ вниманіемъ, особенно во Франціи, — но теперь окончательно отвергнута

Изслѣдованіе тѣхъ геологическихъ процессовъ, которые совершаются въ настоящее время на нашихъ глазахъ, сообщило новое направленіе наукѣ. Что касается вулкановъ, то въ этой области многое было сдѣлано и раньше, но систематическое изученіе современныхъ геологическихъ явленій начинается только съ *Гоффа* (Hoff) и *Ляйэлля.* Гоффъ написалъ обстоятельное и весьма цѣнное сочиненіе; въ первомъ томѣ его мы находимъ основное положеніе новѣйшей геологіи, которое гласитъ, что тѣ процессы, которые мы наблюдаемъ теперь, совершались и въ прежніе періоды жизни земли. Еще рѣшительнѣе выражена эта мысль въ

знаменитой книгѣ Ляйэлля „Principles of geology" *). Сочиненіе это, основанное на множествѣ точныхъ наблюденій въ разныхъ странахъ, стоитъ значительно выше книги Гоффа и для развитія геологіи имѣло огромное значеніе.

Чтобы оцѣнить эти открытія, нужно вспомнить, что до Ляйэлля измѣненія земли объяснялись катастрофами и приписывались взрыву какихъ то скрытыхъ силъ: считались возможными физическіе и химическіе процессы, отличные отъ тѣхъ, которые совершаются теперь кругомъ насъ. Такой характеръ носила, напр., теорія переворотовъ Кювье и система Эли де-Бомона. Благодаря работамъ Ляйэлля, установилось представленіе о непрерывномъ и постепенномъ развитіи, и теперь это представленіе является господствующимъ. Поэтому все современное направленіе геологіи можно назвать *направленіемъ Гоффа* и *Ляйэлля,* или, въ виду бо́льшаго значенія послѣдняго, просто — направленіемъ Ляйэлля. Нельзя не замѣтить, что въ нѣкоторыхъ своихъ выводахъ Ляйэлль зашелъ слишкомъ далеко. Никто не оспариваетъ того, что земля была первоначально въ расплавленномъ состояніи, постепенно отвердѣвала и до сихъ поръ продолжаетъ остывать,—но измѣненія, происходящія на землѣ, зависятъ отъ интенсивности дѣйствующихъ силъ, и однообразіе, допускаемое Ляйэллемъ во всѣхъ періодахъ, приводитъ тоже къ ложному представленію.

Среди современныхъ геологическихъ явленій особенно важное значеніе имѣетъ дѣятельность ледниковъ. Точныя наблюденія надъ ними показали, что въ такъ-называемую ледниковую эпоху, непосредственно предшествовавшую нашей, на землѣ было значительно холоднѣе, и большая часть Европы была окована льдомъ. Фактъ этотъ, установленный учеными *Шарпантье, Агассисомъ, Шимперомъ, Венетцомъ* и др., имѣетъ для уясненія географическаго распространенія современныхъ животныхъ и растеній важное значеніе. Здѣсь слѣдуетъ также отмѣтить развитіе „физической и химической геологіи": лабораторныя изслѣдованія доказали возможность предполагаемыхъ въ природѣ процессовъ, и нѣкоторые изъ нихъ были воспроизведены даже искусственно. Выдающимся представителемъ этого направленія является *Густавъ Бишофъ;* своими работами онъ разъяснилъ цѣлый рядъ важныхъ явленій, хотя далеко не всѣ ультра-нептуническіе взгляды его могутъ быть приняты.

Мы заканчиваемъ нашъ историческій обзоръ. Главнѣйшіе результаты, добытые въ самое послѣднее время, сводятся къ слѣдующему: появляются геологическія карты во всѣхъ цивилизованныхъ странахъ, развивается альпійская геологія, въ области которой особенно успѣшно работаютъ *Эшеръ фонъ-деръ-Линтъ* и *Штудеръ,* геологическія изслѣдованія распространяются почти на всѣ страны земли, уясняются вопросы стратиграфіи, въ петрографіи вводятся микроскопическія изслѣдованія, и, наконецъ, подъ вліяніемъ *ученія Дарвина* громадные успѣхи дѣлаетъ палеонтологія.

Основныя понятія геологіи.

Рѣки и ручьи несутъ въ своихъ водахъ твердыя частицы, — глину, песокъ, и т. п., и отлагаютъ ихъ на днѣ морей или озеръ. Такимъ путемъ образуются гор-

*) Сочиненіе это переведено на русскій языкъ: „Основныя начала геологіи или новѣйшія измѣненія земли и ея обитателей". Переводъ съ англійскаго Мина. 2 тома. Москва. 1866. Другое сочиненіе Ляйэлля, представляющее распространенную четвертую часть „Основныхъ началъ" — „Руководство къ геологіи или древнія измѣненія земли и ея обитателей по свидѣтельству геологическихъ памятниковъ", переведено Н. А. Головкинскимъ съ шестого нѣмецкаго изданія. *Прим. перев.*

ныя породы, которыя, соотвѣтственно ихъ постепенному осажденію на плоскомъ днѣ, располагаются горизонтальными слоями. Такъ произошли песчаники, глины, глинистые сланцы, мергели, известняки и каменный уголь. Эти породы, въ виду способа ихъ образованія, называются *осадочными* или *слоистыми породами* (Absatzgesteine, Sedimentärgesteine, Flözgesteine, Schichtgesteine). Въ цѣломъ рядѣ слоевъ самый нижній образовался раньше остальныхъ, и каждый вышележащій слой является моложе расположенныхъ подъ нимъ.

Представимъ себѣ, что путемъ того или иного процесса, будетъ ли это поднятіе суши, или опусканіе моря, выдвинулся участокъ морскаго дна. Немедленно

Рис. 16. Горизонтальные слои, размытые ручьемъ.

дождь, морозъ, проточная вода и другіе дѣятели начинаютъ работать надъ его разрушеніемъ. Допустимъ далѣе, что ручей или рѣка пророютъ себѣ ложе въ поднявшихся изъ моря породахъ (см. рис. 16); по бокамъ образовавшагося русла обнажится цѣлый рядъ лежащихъ другъ на другѣ горизонтальныхъ слоевъ, и самый нижній изъ нихъ будетъ опять самымъ старымъ по возрасту.

Внимательно изслѣдуя горныя породы, обнаженныя по берегамъ рѣкъ, нерѣдко можно найти въ нихъ окаменѣлые остатки животныхъ и растеній, жившихъ въ эпоху образованія осадковъ и увлеченныхъ послѣдними. Время образованія окаменѣлостей и того пласта, въ которомъ онѣ находятся, очевидно, одно и то же. Возрастъ же горныхъ породъ опредѣляется ихъ послѣдовательнымъ расположеніемъ другъ на другѣ; отсюда можно заключить, что окаменѣлости, находимыя въ нижнихъ слояхъ, принадлежатъ болѣе древнимъ организмамъ, а тѣ, которыя содержатся въ пластахъ, расположенныхъ выше, представляютъ остатки позднѣйшаго населенія земли.

Какъ ни простъ этотъ фактъ, его значеніе до чрезвычайности важно; онъ даетъ намъ возможность судить о послѣдовательности появленія на землѣ живыхъ существъ и отъ описанія отдѣльныхъ окаменѣлостей перейти къ связному изложенію исторіи развитія органическаго міра.

Основаніемъ подобныхъ изслѣдованій служитъ систематическое собираніе окаменѣлостей съ указаніемъ послѣдовательности пластовъ, въ которыхъ онѣ находятся. Сравнивая такія коллекціи, нерѣдко можно подмѣтить, что цѣлыя группы слоевъ содержатъ одни и тѣ же виды окаменѣлыхъ животныхъ и растеній. Отсюда естественно сдѣлать выводъ, что въ теченіе того времени, когда образовывались всѣ эти пласты, органическій міръ не претерпѣвалъ существенныхъ измѣненій. Въ противномъ случаѣ, когда въ верхнихъ слояхъ замѣчаются окаменѣлости, отличныя отъ нижнихъ, необходимо допустить, что въ теченіе того промежутка времени, который протекъ между образованіемъ нижняго и верхняго пласта, флора и фауна измѣнились. Было ли это измѣненіе мѣстнымъ, или оно распространялось на весь органическій міръ, нельзя рѣшить путемъ изученія только данной мѣстности: необходимо производить наблюденія въ возможно большемъ числѣ и въ разныхъ мѣстностяхъ. Такое сравнительное изученіе окаменѣлостей показываетъ, что распредѣленіе послѣднихъ въ группахъ осадочныхъ породъ далеко не случайно и подчиняется извѣстнымъ законамъ: извѣстные остатки животныхъ организмовъ находятся въ опредѣленныхъ пластахъ, и въ большинствѣ случаевъ порядокъ ихъ послѣдовательнаго появленія одинаковъ въ разныхъ странахъ.

Представимъ себѣ одну изъ тѣхъ мѣстностей, которыя богаты горными породами, содержащими окаменѣлости: перенесемся въ Швабскую Юру. Мергели, глины и известняки этой мѣстности, съ замѣчательною послѣдовательностью расположенные другъ на другѣ, содержатъ много окаменѣлостей; здѣсь мы находимъ, напримѣръ, мергели съ многочисленными окаменѣлыми раковинами аммонитовъ, каковы ammonites radians и jurensis. Подъ этими мергелями располагаются битуминозные сланцы; въ нихъ находятся уже другіе виды тѣхъ же ископаемыхъ, каковы Ammonites communis, heterophyllus и lythensis. Еще ниже лежатъ слои известняка съ Ammonites spinatus, далѣе слѣдуютъ глины съ Ammonites margaritatus. Изслѣдуя такіе пласты на западѣ и на востокѣ страны, мы замѣтимъ всегда ту же послѣдовательность окаменѣлостей. Наблюденія надъ аналогичными осадочными образованіями сѣверной Германіи, Франціи и Англіи показали, что и здѣсь встрѣчаются въ точно такомъ же порядкѣ тѣ же виды окаменѣлыхъ животныхъ. Наконецъ, и въ самыхъ отдаленныхъ отъ насъ странахъ свѣта, въ Индіи, Америкѣ и т. д., неоднократно наблюдалась та же послѣдовательность въ отложеніи осадковъ, содержащихъ окаменѣлости. Изъ всего сказаннаго вытекаетъ, что значительная часть того различія животныхъ и растительныхъ остатковъ, которое мы наблюдаемъ въ двухъ расположенныхъ другъ на другѣ пластахъ, обусловливается не мѣстными измѣненіями органическаго міра, но общими преобразованіями его. Такимъ образомъ, пласты разныхъ мѣстностей, которыя содержатъ въ себѣ одинаковыя окаменѣлости, должны быть отнесены къ одному періоду. По послѣдовательности напластованія мы судили о времени образоранія осадковъ; сходство находимыхъ окаменѣлостей даетъ намъ возможность сравнивать по возрасту пласты отдаленныхъ другъ отъ друга мѣстностей.

На всей землѣ не найдено еще мѣста, гдѣ выступали бы въ послѣдовательномъ порядкѣ хорошо развитые и богатые окаменѣлостями пласты всѣхъ періодовъ;

но такъ какъ, благодаря окаменѣлостямъ, мы можемъ сравнивать осадки разныхъ странъ и опредѣлять ихъ возрастъ, то можно установить *идеальную послѣдовательность осадковъ и находимыхъ въ нихъ окаменѣлостей*, можно установить извѣстную хронологическую таблицу, въ которой любое образованіе найдетъ свое мѣсто.

Наиболѣе крупное подраздѣленіе *) слоевъ будетъ *группа* (groupe, Gruppe), слѣдующее затѣмъ подраздѣленіе называется *системой* (système, System), далѣе слѣдуютъ *отдѣлы* (Sections, Abteilungen), подраздѣляющіеся на *ярусы* или *этажи* (étage, Etagen), которые въ свою очередь могутъ быть подраздѣлены на *подъ-ярусы* (sous-étages, Unter-Etagen), или на *свиты*, или *комплексы* слоевъ (assises, Schichtencomplexe).

Такъ какъ хронологическое дѣленіе исторіи земли принадлежитъ къ числу тѣхъ геологическихъ понятій, съ которыми приходится имѣть дѣло на каждомъ шагу, то мы здѣсь должны познакомиться съ нимъ хотя вкратцѣ. Въ предлагаемой ниже таблицѣ порядокъ группъ и системъ обозначенъ послѣдовательными цифрами, начиная съ древнѣйшихъ и кончая позднѣйшими **).

IV. Кайнозойская группа.	III. Мезозойская группа.	II. Палеозойская группа.	I. Архейская группа.
11. Наше время.	8. Мѣловая система.	5. Пермская система, или діасъ.	
10. Четвертичная система.	7. Юрская „		
9. Третичная система.	6. Тріасовая „	4. Каменноугольная система.	
		3. Девонская система.	
		2. Силурійская „	
		1. Кэмбрійская „	

I. Архейская группа.

Къ архейской группѣ относятся массы гнейса, слюдянаго сланца, филлитовъ и т. д., и тѣ кристаллическіе сланцы, которые вмѣстѣ съ мраморомъ и кварцитомъ лежатъ на большихъ протяженіяхъ подъ древнѣйшими породами кэмбрійской системы; до сихъ поръ въ нихъ не было найдено остатковъ животныхъ или растеній.

*) Чтобы провести принятую въ 1881 г. на Болонскомъ конгрессѣ терминологію, мы позволили себѣ отступить отъ буквальнаго перевода Неймайра, который употребляетъ еще старые термины. Чтобы не возвращаться къ этому предмету, приведемъ здѣсь наименованія, установленныя тѣмъ же конгрессомъ для подраздѣленій времени: наибольшій промежутокъ времени, соотвѣтствующій группѣ — *эра* (ère, Aera); эра распадается на *періоды* (périodes, Perioden), соотвѣтствующіе системамъ; періоды подраздѣляются на *эпохи* (époques, Epochen), соотвѣтствующія отдѣламъ. Наиболѣе мелкое дѣленіе по времени обозначается словомъ *вѣкъ* (âge, Zeitalter) и соотвѣтствуетъ ярусу. *Прим. переводч.*

**) Происхожденіе и значеніе этихъ названій слѣдующее: *кайнозойская* отъ греческаго *καινός* — новый и *ζῶον* — животное; *мезозойская* отъ *μέσος* — средній и *ζῶον*; *палеозойская* отъ *παλαιός* — старый и *ζῶον*; *архейская* отъ *ἀρχαῖος* — древній, первоначальный.

Четвертичная система, по прежнимъ представленіямъ, относилась къ четвертому большому періоду исторіи земли; другое названіе этой системы — *дилювій*, т.-е. потопъ: полагали, что въ этотъ періодъ и произошелъ всемірный потопъ. *Третичная* система — по прежнимъ представленіямъ, третій періодъ исторіи земли. *Мѣловая* система — въ верхнихъ ярусахъ этой системы во многихъ мѣстахъ находятъ мѣлъ. *Юрская* система, по имени Юрскихъ горъ. *Тріасовая* система отъ tres — три, такъ какъ во многихъ мѣстностяхъ она состоитъ изъ трехъ рѣзко различающихся частей. *Пермская* система отъ Пермской губерніи. *Каменноугольная* система содержитъ главные запасы каменнаго угля. *Девонская* система отъ графства Девонширъ въ Англіи. *Силурійская* система по имени Силуровъ, народа Кельтскаго племени въ современномъ Уэльсѣ, оказавшаго сильное сопротивленіе римлянамъ при покореніи Британіи: силурійская система была изучена впервые въ области, заселенной этимъ племенемъ. *Кэмбрійская* система, по имени Кэмбрійскихъ горъ въ Уэльсѣ.

II. Палеозойская группа.

1) Кэмбрійская система. Во многихъ странахъ верхнія отложенія архейской группы потеряли свой кристаллическій характеръ и представляютъ переходъ къ нормальнымъ слоистымъ породамъ. Въ нихъ находятся изрѣдка скудные и очень плохо сохранившіеся остатки организмовъ. Далѣе располагаются осадки кэмбрійской системы; въ нижней половинѣ ея очень мало окаменѣлостей, въ верхнихъ же отдѣлахъ мы находимъ бѣдную разнообразіемъ видовъ, но богатую особями фауну; въ ряду ея представителей преобладаетъ давно вымершій классъ ракообразныхъ, такъ называемые трилобиты (см. рис. 17).

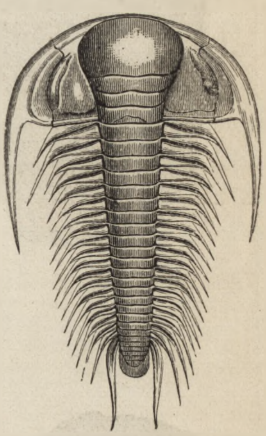


Рис. 17. Paradoxides bohemicus. Въ 1/2 естеств. вел.

2) Силурійская система, особенно развита въ Богеміи, Англіи, Скандинавіи, Россіи, Сѣверной Америкѣ и др. странахъ; она обнаруживаетъ богатое развитіе животной жизни. Изъ простѣйшихъ организмовъ (Protozoa) здѣсь встрѣчаются красивые кремневые скелеты радіолярій, а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и корненожки. Изъ болѣе высокоорганизованныхъ животныхъ мы находимъ разнообразныхъ представителей кремневыхъ губокъ. Особенно развиты кораллы, выраженные двумя группами: rugosa (см. рис. 18) и tabulata (см. рис. 28). Близки къ губкамъ и коралламъ своеобразные граптолиты, являющіеся характерными для силурійскихъ образованій (см. рис. 29—30).

Изъ иглокожихъ въ силурійской системѣ встрѣчаются въ незначительномъ числѣ морскія звѣзды и морскіе ежи; характерны для силурійскихъ отложеній и почти исключительно имъ свойственны цистидеи (см. рис. 26); также морскія лиліи (Crinoidea) обнаруживаютъ замѣчательное богатство формъ. Встрѣчаются мшанки (Briozoa), но не играютъ выдающейся роли; напротивъ, плеченогія (Brachiopoda) достигаютъ высокой степени развитія и обнаруживаютъ значительное богатство видовъ (см. рис. 27). Въ большомъ количествѣ встрѣчаются также пластинчатожаберные и брюхоногіе; къ послѣднимъ примыкаетъ совершенно вымершее семейство Conularidae (см. рис. 20—21). Головоногія, одинъ изъ высшихъ классовъ молюсковъ, почти исключительно выражается богатымъ видами семействомъ Nautilidae (см. рис. 22—24). Изъ ракообразныхъ трилобиты болѣе развиты, чѣмъ въ Кэмбрійской системѣ, но, такъ какъ вся фауна силурійскихъ отложеній несравненно богаче, то они не играютъ здѣсь своей прежней исключительной роли: на-ряду съ ними наблюдаются животныя другихъ типовъ (см. рис. 25).

Изъ позвоночныхъ только рыбы являются въ верхнихъ отдѣлахъ силурійской системы. Изъ морскихъ растеній извѣстны различныя водоросли и діатомовыя; слѣды наземныхъ растеній незначительны.

3) Девонская система типично развита въ прирейнскихъ мѣстностяхъ. Она распространена, кромѣ того, и по всей Европѣ; изъ внѣевропейскихъ странъ наибольшаго распространенія достигаетъ она въ Америкѣ.

Животный и растительный міръ девонской системы весьма близокъ къ населенію силурійскаго періода, только граптолиты и цистидеи почти совершенно исчезаютъ. Среди коралловъ, представляющихъ большое богатство формъ, характернымъ

Рис 18. Omphyma subturbinatum, вертикальный разрѣзъ.

Рис. 19. Omphyma subturbinatum, сбоку.

Рис. 20—21. Conularia: a) сверху, b) сбоку (по Барранду).

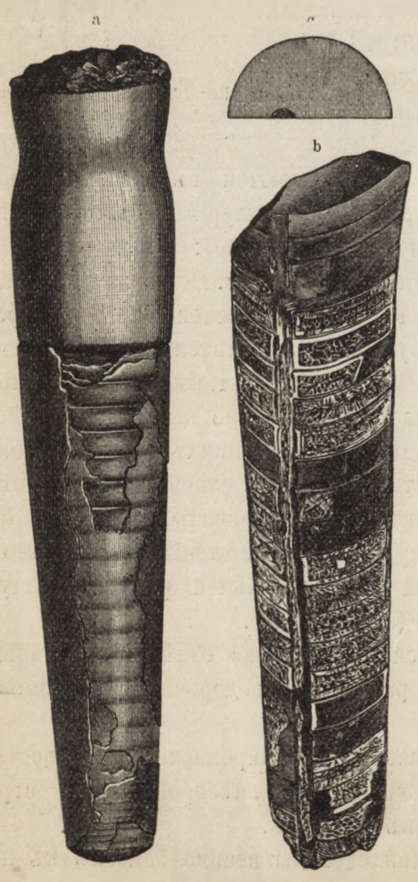


Рис. 22- 24. Orthoceras Neptuneum: a) экземпляръ съ сохранившейся отчасти скорлупой и съ обломаннымъ концомъ, b) продольный разрѣзъ, на которомъ видны камеры, c) поперечный разрѣзъ (по Барранду).

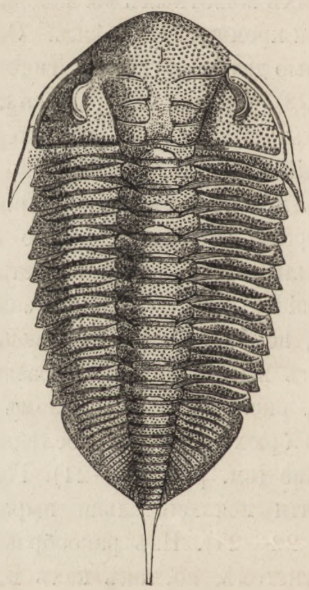


Рис. 25. Dalmanites socialis (по Барранду).

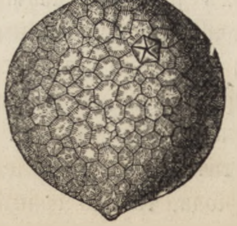


Рис. 26. Echinosphaerites.

Рис. 27 Orthis hybrida.

для девонской системы является Calceola Sandalina (см. рис. 37—39). Морскія лиліи (см. рис. 36) и плеченогія (см. рис. 33) попадаются въ большомъ числѣ. Изъ головоногихъ наутилиды развиты значительно слабѣе, чѣмъ въ силурійскихъ отложеніяхъ, аммонитиды же впервые пріобрѣтаютъ значительное распространеніе (см. рис. 34).

Изъ ракообразныхъ трилобиты значительно уменьшились въ количествѣ видовъ и недѣлимыхъ сравнительно съ силурійскимъ періодомъ; наоборотъ, весьма развиты Eurypteridae, самые огромные изъ всѣхъ ракообразныхъ минувшихъ періодовъ и нашего времени (см. рис. 31—32). Рыбы являются въ большомъ количе-

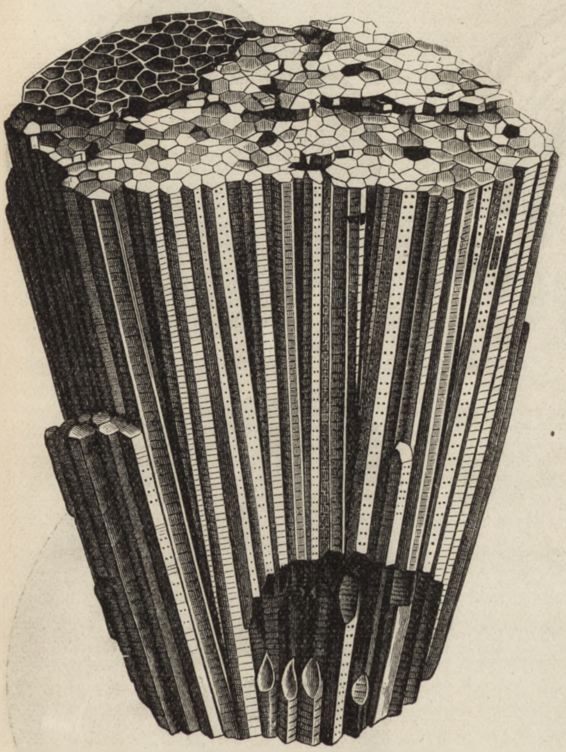


Рис. 28. Favosites (по Гольдфусу).

Рис. 29—30. Граптолиты: a) отпечатки, b) самая ось.

ствѣ видовъ; онѣ находятся въ тѣхъ отложеніяхъ Россіи, Англіи, Сѣверной Америки, которыя носятъ названіе древняго краснаго песчаника. Особенно характерны для девонской системы панцырныя рыбы своеобразнаго строенія (см. рис. 35), твердочешуйчатыя ганоиды и формы, родственныя акуламъ.

На ряду съ этими водными животными, мы встрѣчаемъ въ девонской системѣ впервые уже достаточное число обитателей суши: различныя наземныя растенія, единичные представители насѣкомыхъ, а, можетъ быть, также и нѣкоторые наземные молюски могутъ служить для характеристики органической жизни на материкахъ.

4) Каменноугольная система характеризуется сильнымъ развитіемъ наземной органической жизни; пласты каменнаго угля и прилегающіе къ нимъ осадки заключаютъ въ себѣ богатую флору, состоящую, главнымъ образомъ, изъ хвощей, папоротниковъ, лепидодендроновъ (см. рис. 40), родственныхъ современнымъ плауновымъ, сигиллярій и хвойныхъ. Изъ наземныхъ животныхъ извѣстны

многочисленные молюски, тысяченожки, скорпіоны, пауки и разнообразныя насѣкомыя.

Что касается низшихъ морскихъ животныхъ, то они находятся въ близкомъ родствѣ съ представителями девонской системы, хотя единичныя отклоненія весьма характерны. Корненожки впервые попадаются въ значительномъ числѣ (см. рис. 43). Среди иглокожихъ большаго развитія достигаютъ бластоидеи (см. рис. 41—42); морскіе ежи, сравнительно съ предыдущимъ періодомъ, тоже больше распростра-

Рис. 31 — 32. Pterygotus, уменьшенный; а) клешня въ натуральную величину (по Вудварду).

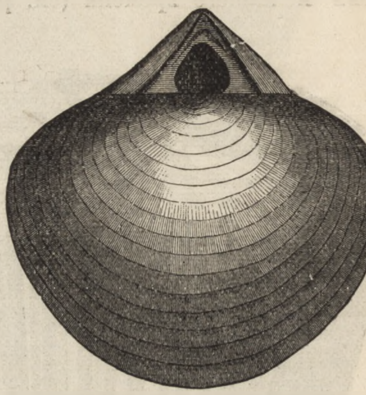


Рис. 33. Stringocephalus Burtini.

Рис. 34. Goniatites intumescens (по Зандбергеру).

нены. Молюски не представляютъ значительныхъ уклоненій отъ своихъ девонскихъ предковъ; только Conularidae менѣе развиты и Nautilidae попадаются въ меньшемъ числѣ. Среди плеченогихъ особенно характеренъ родъ Productus. Изъ ракообразныхъ Euripteridae встрѣчаются значительно рѣже, а трилобиты вымираютъ; зато появляются первые представители высокоорганизованныхъ панцырныхъ раковъ.

Позвоночныя каменноугольной системы значительно отличаются отъ девонскихъ. Панцырныя рыбы развиты слабѣе; появляются представители голыхъ гадовъ (амфибій) изъ вымершей группы лабиринтодонтовъ (Stegocephala).

Рис. 35. Pterichthys, немного уменьшенный.

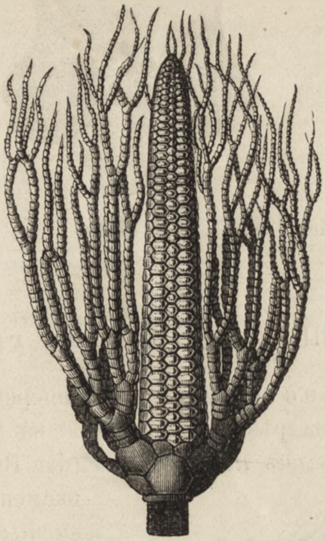


Рис. 36. Lecithocrinus Eifelianus (по Шульце).

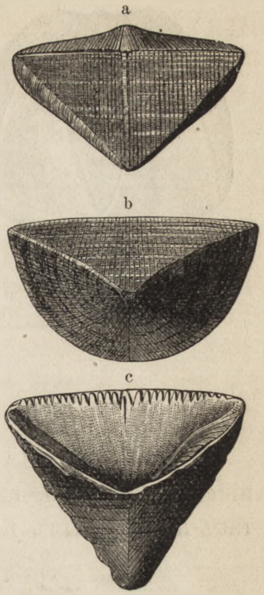


Рис. 37—39. Calceola sandalina a) экземпляръ съ крышечкой, сбоку, b) снизу, c) экземпляръ безъ крышечки (по Кунту).

5) Пермская система выражается въ Германіи преимущественно порфирами, песчаниками, конгломератами такъ-называемаго мертваго краснаго лежня и отсутствующими во многихъ странахъ морскими известковыми образованіями (Zechstein). Сравнительно съ предыдущими періодами, пермская система обладаетъ необычайно бѣдной фауной, и особенно скудны въ ней остатки морскихъ животныхъ. Въ общемъ, органическій міръ этой системы представляетъ обѣдненное населеніе каменноугольнаго періода, лишь изрѣдка появляются новыя формы. Особаго вниманія заслуживаютъ рыбы, разнообразные лабиринтодонты (см. рис. 44) и первые пресмыкающіеся (Reptilia).

Рис. 40. Lepidodendron Sternbergi. Кусокъ ствола съ сохранившейся корой (по Рёмеру).

Бѣдность животныхъ остатковъ пермской системы не позволяетъ еще заключить, что органическая жизнь въ этотъ періодъ была развита слабѣе, чѣмъ прежде. Отложенія всякой системы въ одной мѣстности богаты окаменѣлостями, въ другихъ бѣдны ими; изученные до сихъ поръ пермскіе осадки принадлежатъ ко второй категоріи; но недавно въ Арменіи и въ Индіи и, кажется, въ Альпахъ, найдены породы, богатыя ископаемыми органическими остатками; повидимому, онѣ относятся къ пермской системѣ.

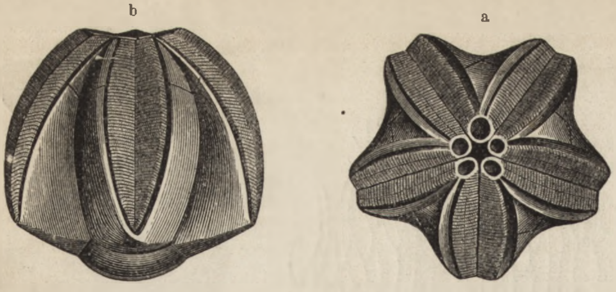


Рис. 41—42. Pentatrematites, немного увеличенный; a) сверху, b) сбоку.

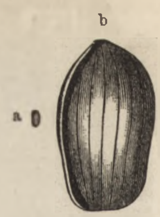


Рис. 43. Fusilina cylindrica: a) въ натур. вел., b) сильно увеличенная (по Вѣллеру).

III. Мезозойская группа.

6) Тріасовая система получила впервые свое наименованіе во внѣальпійской Германіи, гдѣ она рѣзко распадается на три отдѣла: нижній образованъ такъ-называемымъ *пестрымъ песчаникомъ* (der Buntsandstein), онъ весьма бѣденъ окаменѣлостями; далѣе слѣдуетъ *раковистый известнякъ* (Muschelkalk) со множествомъ отдѣльныхъ особей и съ относительно небольшимъ числомъ видовъ; самый верхній отдѣлъ, такъ-называемый *кейперъ* (Keuper), состоитъ изъ песчаниковъ и глинъ. Значительно богаче окаменѣлостями, по крайней мѣрѣ, въ среднемъ и верхнемъ отдѣлахъ, тріасовыя отложенія восточныхъ Альпъ. Разсматриваемая система распространена также въ Карпатахъ, Италіи, Франціи, Испаніи, Англіи, на Шпицбергенѣ, въ Сѣверной Америкѣ, Сибири, Новой Зеландіи, Новой Каледоніи, Индіи и южной Африкѣ.

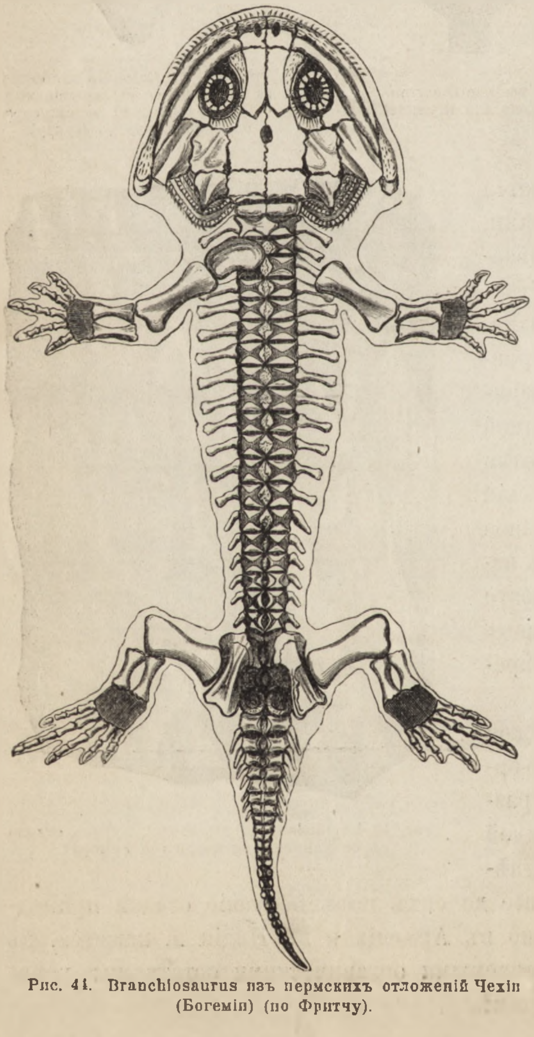


Рис. 44. Branchiosaurus изъ пермскихъ отложеній Чехіи (Богеміи) (по Фритчу).

Такъ какъ пермскія и нижнетріасовыя отложенія въ изученныхъ до сихъ поръ мѣстностяхъ бѣдны органическими остатками, то здѣсь замѣчается громадный пробѣлъ въ палеонтологической лѣтописи и переходъ отъ палеозойской группы къ мезозойской кажется рѣзкимъ.

Корненожки въ тріасовыхъ отложеніяхъ попадаются, но до сихъ поръ мало изучены; губки и кораллы очень рѣдки, по крайней мѣрѣ въ хорошо сохранившихся экземплярахъ. Вмѣсто палеозойскихъ coralловъ, принадле-

жащихъ къ группѣRugosa, появляются Hexacorallia. Группа Tabulata почти исчезла. Изъ иглокожихъ мы не находимъ больше цистидей и бластоидей. Распространенныя раньше морскія лиліи изъ группы пластинчатыхъ (Tesselata) замѣнились группою членистыхъ (Articulata) (см. рис. 51). Что касается морскихъ ежей, то палеозойская группа Palaechinoidea замѣщается группой Euechinoidea, которая характеризуется двадцатью рядами пластинокъ. Изъ плеченогихъ исчезъ цѣлый рядъ палеозойскихъ родовъ; главенствующая роль принадлежитъ семейству Terebratulidae (см. рис. 47); двустворчатые и брюхоногіе значительно многочисленнѣе, чѣмъ прежде; характерными представителями первыхъ являются роды Halobia и Daonella (см. рис. 48). Въ ряду головоногихъ наутилиды окончательно вытѣсняются аммонитидами; послѣдніе имѣютъ много характерныхъ и высоко развитыхъ формъ (см. рис. 46 и 49—50); сюда же принадлежатъ древнѣйшіе белемниты.

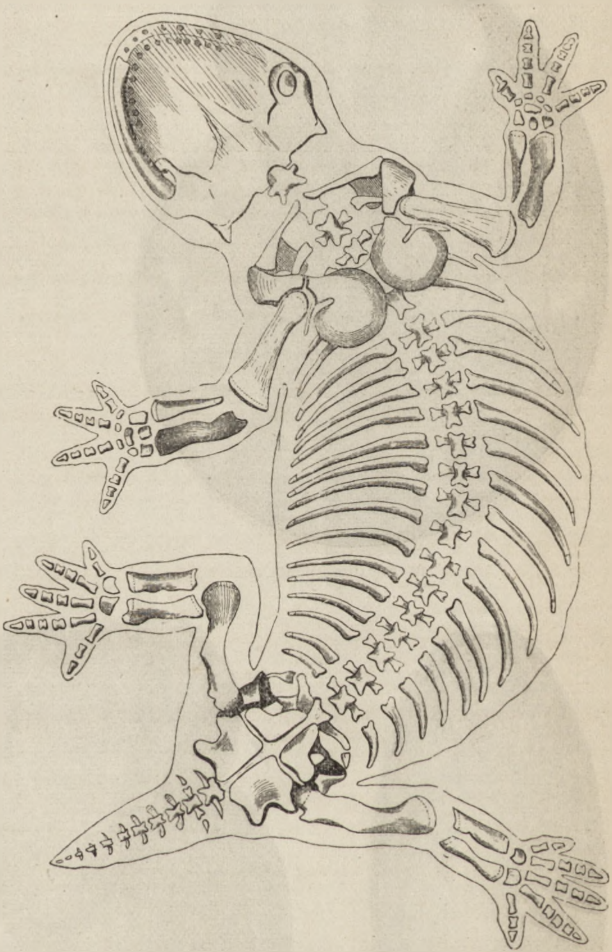


Рис. 45. Лабиринтодонтъ Рютимейера изъ пестрыхъ песчаниковъ окрестностей Базеля. (По Видерсгейму). Немного болѣе, чѣмъ въ $^1/_4$ естеств. величины.

Ракообразныя тріасовой системы еще мало извѣстны; среди нихъ характерны высокостоящіе длиннохвостые раки.

Существенныя измѣненія находимъ мы у позвоночныхъ. Рыбы недалеко ушли отъ своихъ палеозойскихъ предковъ; твердочешуйчатыя ганоиды и акулообразныя рыбы встрѣчаются и въ разсматриваемый періодъ. Среди голыхъ гадовъ мы находимъ выдающихся, по своей величинѣ, представителей уже извѣстной намъ группы лабиринтодонтовъ (см. рис. 45). Слѣдуетъ отмѣтить внезапное развитіе рептилій; среди нихъ мы встрѣчаемъ любопытныхъ эналозавровъ, громадныхъ морскихъ животныхъ съ широкими плавниками вмѣсто конечностей; близки къ нимъ ихтіозавры съ шестью пальцами на конечностяхъ и группа Sauropterygia — съ пятью; кромѣ того, появляются динозавры и еще цѣлый рядъ формъ, приближающихся къ крокодиламъ и ящерицамъ. Сюда слѣдуетъ присоединить летающихъ ящеровъ или птеродактилей, а также первыхъ черепахъ. Такимъ образомъ, тріасовыя отложенія уже въ Европѣ представляютъ большое разнообразіе пресмыкающихся; въ южной же Африкѣ и Индіи къ нимъ присоединяется еще цѣлый рядъ типовъ, из-

вѣстныхъ подъ общимъ именемъ Anomodontia (см. рис. 52—54). Наконецъ, въ тріасовыхъ отложеніяхъ Вюртемберга, Англіи, южной Африки и Сѣверной Америки представителями млекопитающихъ являются небольшіе зверьки, относи-

Рис. 46. Ceratites nodosus.

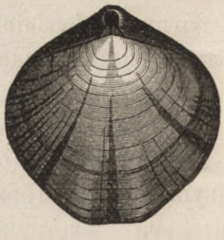


Рис. 47. Terebratula vulgaris.

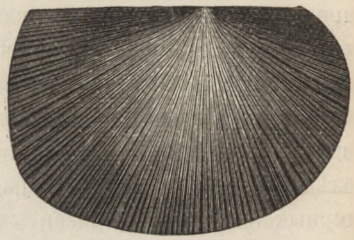


Рис. 48. Daonella Lommeli.

Рис. 49—50. Arcestes; a) спереди, b) сбоку (по Мойсисовичу).

Рис. 51. Encrinus liliiformis.

мые къ сумчатымъ. Остатки ихъ вообще незначительны; единственный почти полный черепъ изъ южной Африки описанъ подъ именемъ Tritylodon (см. рис. 55—57) и, повидимому, принадлежитъ какому то совсѣмъ своеобразному животному.

7) Юрская система, нижняя часть которой, называемая лейясомъ, считается иногда самостоятельной системой, распространена по всей Европѣ и встрѣчается во всѣхъ другихъ частяхъ свѣта. Она характеризуется чрезвычайнымъ богатствомъ ископаемыхъ органическихъ остатковъ, поэтому количество изслѣдованныхъ формъ этого періода весьма велико. Крошечныя скорлупки корненожекъ встрѣчаются въ большомъ изобиліи. Въ верхнеюрскихъ отложеніяхъ нѣкоторыхъ мѣстностей попа-

Рис. 52—54. Черепъ ликозавра (Lycosaurus) изъ тріасовыхъ отложеній южной Африки: a) сбоку, b) спереди, c) зубъ. (По Оуэну)

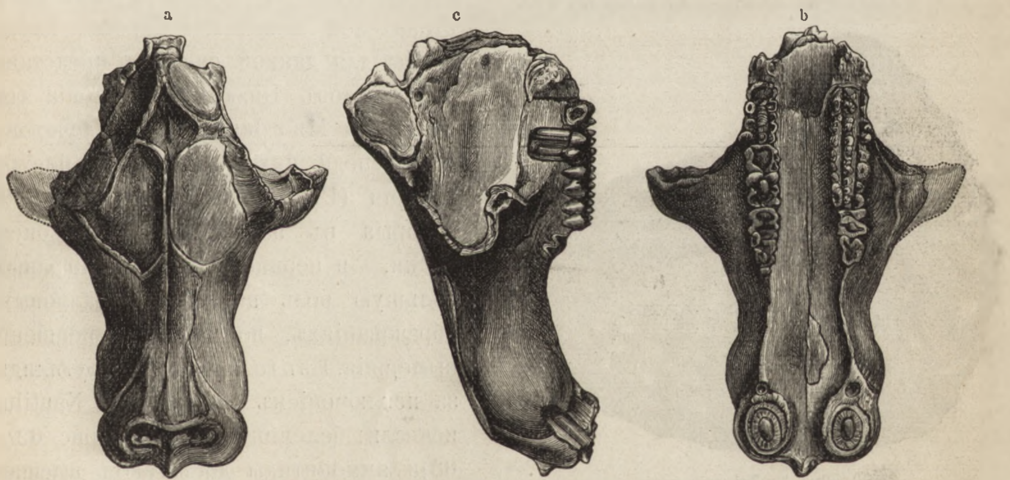


Рис. 55—57. Tritylodon. Млекопитающее изъ тріасовыхъ отложеній южн. Африки. Черепъ: a) сверху, b) снизу, c) сбоку. (По Оуэну).

даются также кремневыя губки, и притомъ въ такихъ огромныхъ количествахъ, что образуютъ мощные пласты. Далѣе, этотъ періодъ характеризуется большимъ развитіемъ шестилучевыхъ коралловъ; въ верхнихъ юрскихъ отложеніяхъ встрѣчаются даже ихъ постройки, представляющія большое сходство съ современными рифами. Морскія лиліи попадаются также довольно часто, и нѣкоторыя изъ нихъ достигаютъ такой величины, какой до сихъ поръ никогда еще не достигали, но зато разнообразіе ихъ уменьшается съ каменноугольнаго періода. Морскіе ежи въ юрской системѣ впервые пріобрѣтаютъ важное значеніе, какъ въ виду ихъ чрез-

вычайно большого распространенія въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, такъ и богатства ихъ формъ; господствующими среди нихъ являются правильныя формы (см. рис. 69—71), у которыхъ порошица находится посрединѣ спинной поверхности; подчиненную роль играютъ неправильныя формы съ эксцентрическимъ расположеніемъ порошицы; онѣ принадлежатъ къ семействамъ Galeritidae, Cassidulidae и Disasteridae (см. рис. 64—68).

Рис. 58. Amaltheus margaritatus.

Рис. 59. Trigonia navis.

Чрезвычайно развиты молюски; наоборотъ, плеченогія не представляютъ большого разнообразія видовъ: значительное число тѣхъ представителей палеозойской эры, которые попадаются и въ мезозойскихъ отложеніяхъ, вымерли, отчасти въ концѣ тріасоваго періода, отчасти во время лейясовой эпохи. Такимъ образомъ только семейства Terebratulidae и Rhynchonellidae оказываются весьма развитыми и представляютъ значительное число видовъ. Среди двустворчатыхъ впервые въ значительномъ количествѣ появляются формы съ мантійною лопастью. Среди другихъ представителей животнаго царства характерны для данной системы представители родовъ Diceras и Trigonia (см. рис. 59). Многочисленны и брюхоногія,—среди нихъ выдѣляются плеуротоміи (Pleurotomaria) (см. рис. 60), которыя въ настоящее время очень рѣдки,—и неринеи (Nerinea), игравшія большую роль во всѣхъ коралловыхъ образованіяхъ, но теперь совершенно вымершія. Изъ головоногихъ наутилиды, за исключеніемъ одного рода Nautilus, исчезли; белемнитиды же (см. рис. 62—63)и аммонитиды достигаютъ высшаго развитія (см. рис. 58, 61 и 72). Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ попадается огромное число ракообразныхъ съ преобладаніемъ длиннохвостыхъ раковъ и многочисленные виды насѣкомыхъ.

Изъ рыбъ въ юрскихъ отложеніяхъ встрѣчаются тѣ же семейства, что и въ тріасовыхъ; къ нимъ присоединяются древнѣйшія костистыя рыбы (Teleostei),—представители той группы, къ которой принадлежитъ значительное большинство современныхъ рыбъ. Лабиринтодонты, игравшіе видную роль во всѣхъ отложеніяхъ, начиная съ каменноугольныхъ и кончая тріасовыми, исчезаютъ. Не находимъ мы совсѣмъ и амфибій. Пресмыкающіяся, за исключеніемъ Anomodontia, развиты сильнѣе, чѣмъ въ тріасѣ; дѣйствительно ли такъ широко были распространены они въ

разсматриваемый періодъ, или же обиліе ихъ ископаемыхъ остатковъ явленіе случайное, — мы не знаемъ (см. рис. 73). Въ верхнихъ юрскихъ отложеніяхъ, въ такъ называемомъ золенгофенскомъ литографическомъ сланцѣ, найдены знаменитые остатки древнѣйшей птицы, Archaopteryx (см. рис. 74); у нея хвостъ ящерицы, зубы, челюсти и др. напоминаютъ пресмыкающихся. Мелкія млекопитающія, подобныя находимымъ въ верхнихъ тріасовыхъ отложеніяхъ, свойственны также и юрскому періоду.

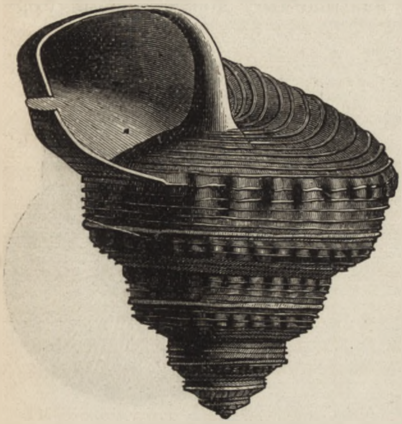


Рис. 60. Pleurotomaria anglica.

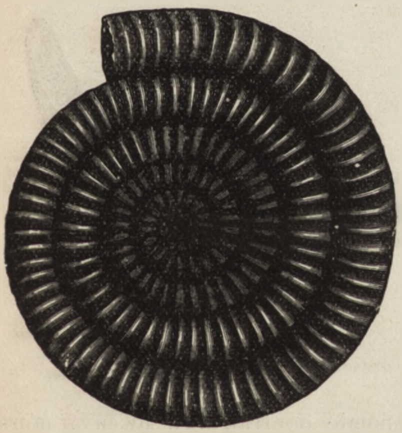


Рис. 61. Arietitis spiratissimus.

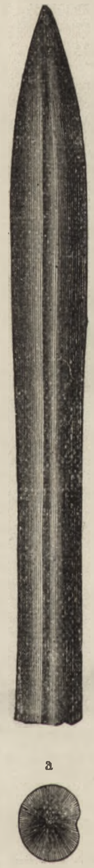


Рис. 62—63. Belemnites calloviensis: a) поперечный разрѣзъ.

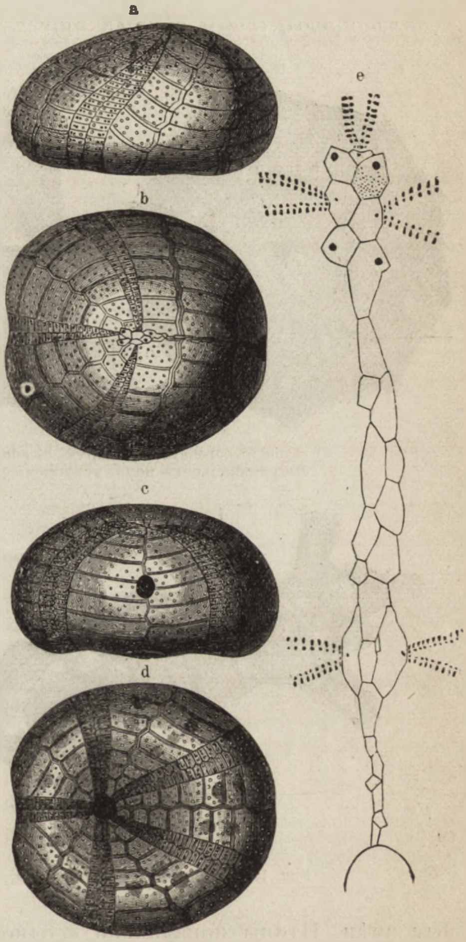


Рис. 64—68. Collyrites: a) сбоку, b) сверху, c) сзади, d) снизу, e) вершинный щитокъ, увеличено.

8) Мѣловая система, по своей фаунѣ, представляетъ большое сходство съ юрской. Мы укажемъ только существенныя отклоненія.

Появляются двѣ новыхъ группы морскихъ ежей, Ananchytidae и Spatangidae; (см. рис. 79—82 и 87—88); въ общемъ здѣсь замѣчается сильное развитіе неправильныхъ ежей. Исключительно мѣловой системѣ свойственны такъ называемые рудисты (см. рис. 84), принадлежащіе къ пластинчатожабернымъ. На ряду съ ними весьма развитъ родъ Inoceramus (см. рис. 86). Что касается брюхоногихъ, то вмѣстѣ съ своеобразными представителями ихъ, каковы Actaeonella и Avellana, встрѣчается значительное число современныхъ родовъ, а также много наземныхъ

молюсковъ. Среди головоногихъ преобладаютъ аммонитиды, раковины которыхъ представляютъ въ большинствѣ случаевъ развернутую спираль (см. рис. 83). Среди ракообразныхъ является значительное число краббовъ.

Изъ рыбъ въ мѣловыхъ отложеніяхъ въ громадномъ количествѣ находимъ костистыхъ рыбъ; онѣ совершенно вытѣсняютъ твердочешуйчатыхъ ганоидовъ. Объ амфибіяхъ этой системы мы столько же знаемъ, сколько и объ амфибіяхъ юрскаго періода; зато рептиліи (см. рис. 89) развиты необычайно сильно. Къ представителямъ предыдущаго періода присоединяются такъ называемые мозазавры и пер-

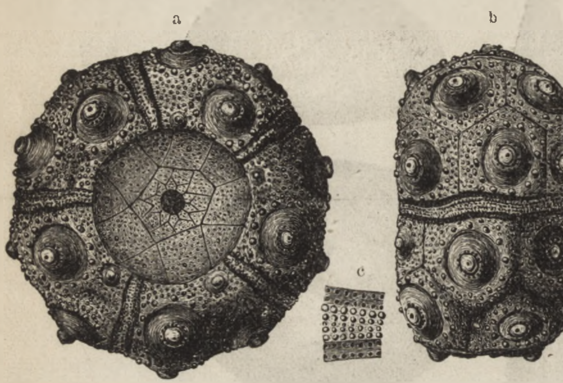


Рис. 69 — 71. Cidaris coronata: a) сверху, b) сбоку, c) часть амбулякральнаго поля, увеличено.

Рис. 72. Stephanoceras Brongniarti.

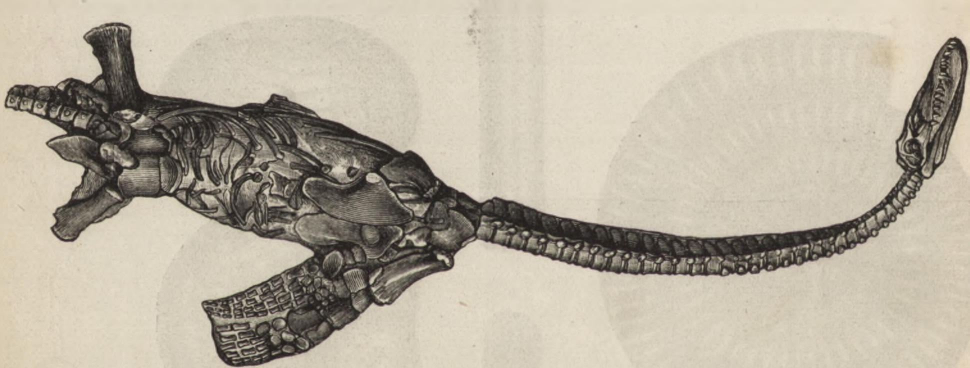


Рис. 73. Плезіозавръ изъ нижняго лейяса Англіи (по Солласу). Сильно уменьшенъ.

выя змѣи. Птицы попадались неоднократно, но хорошіе остатки ихъ до сихъ поръ найдены только въ западныхъ частяхъ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ (см. рис. 75 — 78). Всѣ эти птицы обладали зубами. Млекопитающихъ, находимыхъ въ тріасовыхъ и юрскихъ отложеніяхъ, до сихъ поръ не встрѣчали.

Въ серединѣ мѣлового періода, во многихъ странахъ земли замѣчается важный поворотъ въ развитіи наземной флоры: появляются первыя лиственныя деревья и другіе представители двудольныхъ. Единичные виды ихъ попадаются уже въ нижнихъ мѣловыхъ отложеніяхъ и въ верхнихъ ярусахъ юрской системы.

IV. **Канозойская группа.**

9) Третичная система, по своей флорѣ и фаунѣ приближающаяся къ современной, раздѣляется на четыре отдѣла, — эоценъ, олигоценъ, міоценъ и

пліоценъ †. Фауна ея сильно отличается отъ фауны мезозойской эры: для характеристики этой разницы мы просто перечислимъ наиболѣе важныя формы, которыя

Рис. 74. Archaeopteryx изъ Золенгофена (по Дамесу). Около $^2/_3$ ест. вел.

играли большую роль въ мѣловомъ періодѣ, но въ третичномъ или совсѣмъ исчезли, или находятся на пути къ исчезновенію (послѣдніе отмѣчены*).

Изъ морскихъ ежей сюда относятся: Salenidae*, Ananchitidae*, Galeritidae* и Dysasteridae; изъ пластинчатожаберныхъ: рудисты, тригоніи* и иноцерамы; изъ

† Отъ греческихъ словъ: *ἠώς* — утренняя заря и *καινός* — новый; *ολίγος* — немногій и *καινός*; *μείων* — меньше и *καινός*; *πλείων* — больше и *καινός*.

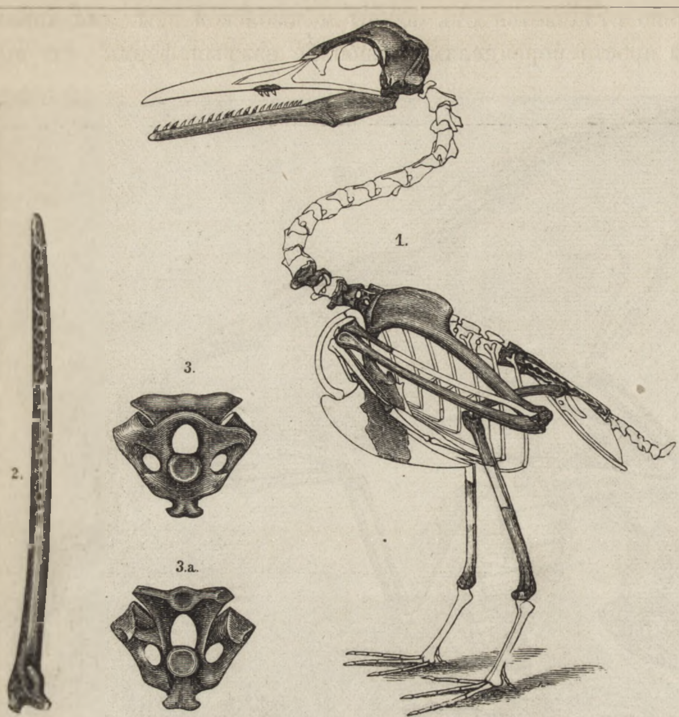


Рис. 75—78. Ichthyornis изъ верхне-мѣловыхъ отложеній Канзаса: 1) дополненный скелетъ въ $^1/_3$ ест. вел.; 2) нижняя челюсть, видимая сверху съ зубными впадинами; 3) двояковогнутый позвонокъ спереди, 3а) сзади. (По Маршу.)

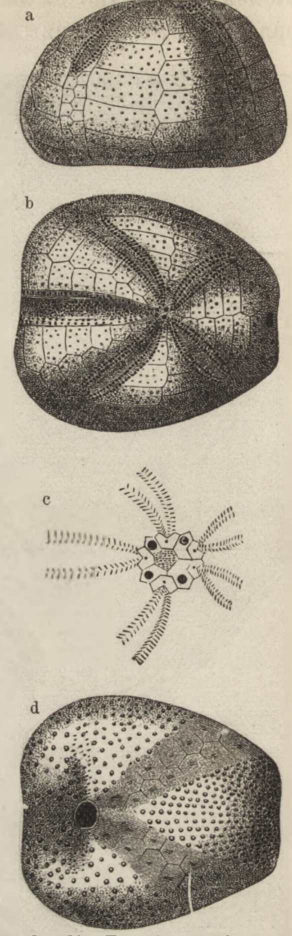


Рис. 79—82. Toxaster complanatus: a) сбоку, b) сверху, c) вершинный щитокъ, d) снизу. (По Дезору.)

Рис. 83. Crioceras Roemeri.

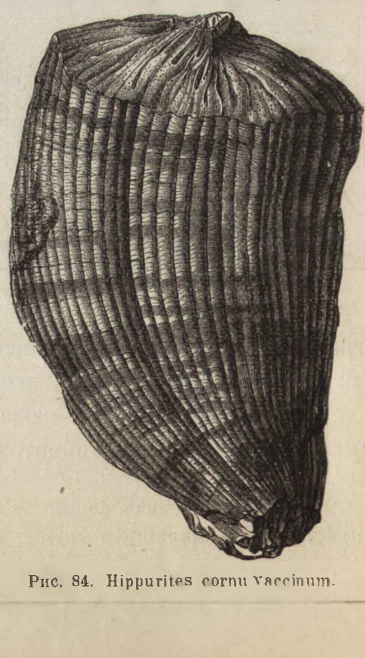


Рис. 84. Hippurites cornu vaccinum.

брюхоногихъ: роды Pleurotomaria*, Nerinea, Actaeonella; изъ головоногихъ: аммониты и белемнитиды*; изъ рыбъ — ганоидныя*, изъ пресмыкающихся — группы Sauropterygia, Ichtyopterigia, Dinosauria, Pterosauria и Mosasauria; наконецъ, зубастыя птицы.

Какъ видно изъ приведеннаго сопоставленія, особенно замѣчателенъ фактъ, что рептиліи сильно вымираютъ и изъ девяти родовъ, характерныхъ для мѣлового періода, остается только четыре. Мѣсто ихъ занимаютъ млекопитающія; они являются во множествѣ и среди обитателей суши играютъ главную роль. Млекопитающія, жившія въ эоценѣ и олигоценѣ, принадлежатъ почти исключительно къ вымершимъ родамъ; таковъ, напр., напоминающій тапира Palaeotherium (см. рис. 85). Въ міоценѣ появляются уже многіе современные роды, въ пліоценовыхъ же отложеніяхъ они преобладаютъ, хотя виды тѣмъ не менѣе отличны отъ современныхъ.

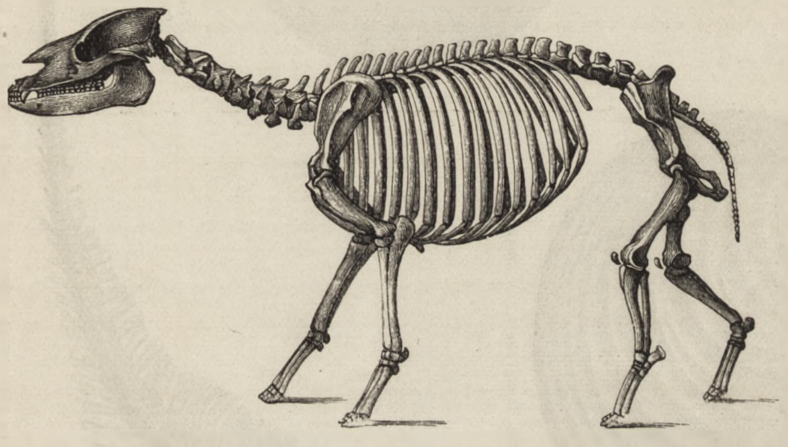


Рис. 85. Palaeotherium magnum изъ гипса Монмартра въ Парижѣ въ 1/25 естеств. величины (по Годри).

Безпозвоночныя третичной системы стоятъ еще ближе къ современнымъ. Существеннымъ отличіемъ первыхъ является присутствіе особаго рода корненожекъ, отличающихся огромными размѣрами и называемыхъ нуммулитами; скопленія ихъ скорлупокъ въ нижнетретичныхъ отложеніяхъ такъ велики, что образуютъ цѣлыя горы. Большинство родовъ эоценовой эпохи совпадаетъ съ современными, въ міоценовыхъ же отложеніяхъ является значительное число совершенно тождественныхъ видовъ. Въ Европѣ фауна и флора эоценовой эпохи носила тропическій характеръ. Въ міоценовую и пліоценовую эпоху температура понижается, но остается выше современной.

10) Четвертичная система характеризуется еще большимъ сходствомъ свойственныхъ ей животныхъ съ современными: совпадаютъ большинство видовъ. Только среди млекопитающихъ попадается много вымершихъ теперь животныхъ (см. рис. 90). Къ четвертичному періоду относятся ледниковая эпоха и первое появленіе человѣка на землѣ. Цѣлый рядъ постепенныхъ переходовъ сближаетъ эту эпоху съ нашимъ временемъ.

Рис. 86. Inoceramus concentricus.

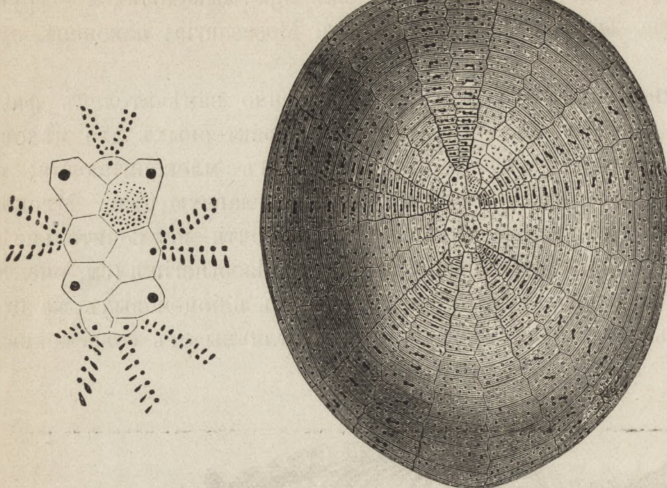


Рис. 87—88. Ananchytes ovatus (по Дезору). Вверху такъ называемый вершинный щитокъ, увеличено.

Рис. 89. Iguanodon изъ вельдскихъ отложеній Бельгіи (по Долло). Приблизительно въ $^1/_{40}$ естеств. величины

Условія залеганія.

Въ этой главѣ мы познакомимся вкратцѣ съ различными видами напластованія и выяснимъ важнѣйшіе термины. Также кратко будутъ разсмотрѣны и условія залеганія.

Осадочныя породы отлагались на плоской поверхности морскаго дна. Соотвѣтственно этому, въ огромномъ большинствѣ случаевъ онѣ должны были пріобрѣсти вполнѣ горизонтальное положеніе, возможенъ былъ весьма ничтожный наклонъ, почти незамѣтный глазу и ясно выступающій только на большихъ протяженіяхъ. Толщина или мощность слоевъ обыкновенно остается неизмѣнной на значительныхъ разстояніяхъ, но извѣстно много и такихъ случаевъ, когда она, съ большею

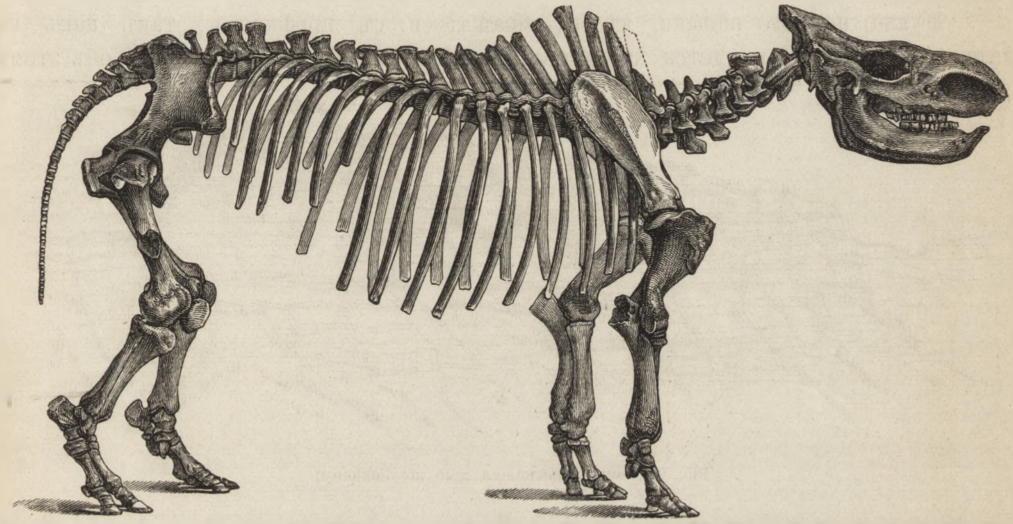


Рис. 90. Rhinoceros antiquitatis изъ окрестностей Мюльдорфа на Иннѣ.

или меньшею быстротою, возрастаетъ или убываетъ. Иногда слой или пластъ, постепенно убывая, сводится къ нулю, или, какъ говорятъ, *выклинивается.* Приведенные рисунки представляютъ два примѣра такого явленія. Первый изъ нихъ (рис. 91) показываетъ, какъ въ извѣстной системѣ слоевъ отдѣльные пласты выклиниваются и замѣщаются другими, второй и третій (рис. 92 и 93) изображаютъ одну изъ громаднѣйшихъ доломитовыхъ горъ южнаго Тироля, Сетъ-Зассъ у св. Кассіана. Высота этой горы 2,559 метровъ, она состоитъ изъ мощныхъ массъ доломита; послѣдній относится къ верхнимъ ярусамъ тріасовой системы и покоится на горизонтальныхъ слояхъ такъ называемаго кассіановскаго мергеля. Лѣвѣе выступаетъ болѣе низкая доломитовая скала, „рифъ Рихтгофена". Она не имѣетъ никакой связи съ главною массою Сетъ-Засса и отдѣляется отъ нея мергелемъ. Доломитъ Сетъ-Засса образуетъ верхній слой новѣйшаго образованія; подъ нимъ располагается мергель и подъ мергелемъ доломитъ рифа Рихтгофена; подъ послѣднимъ опять лежитъ мергель. Обративъ вниманіе на пласты доломита, представленные справа, мы замѣтимъ, что мощность ихъ уменьшается и, наконецъ, сводится къ нулю. Пласты, которые, при относительно большой мощности, имѣютъ незначительное протяженіе и выклиниваются со всѣхъ сторонъ, носятъ названіе *чечевицеобразныхъ.*

Отношеніе доломитовъ и мергелей Сетъ-Засса представлено у насъ на рисункѣ. Этотъ очень наглядный способъ не всегда примѣнимъ. Не всякій геологъ владѣетъ карандашомъ и не всегда можно брать на свои экскурсіи фотографическій аппаратъ; сниманіе тѣмъ или инымъ способомъ беретъ много времени. Наконецъ, часто на извѣстномъ протяженіи невозможно сдѣлать никакихъ заключеній о характерѣ залеганія породъ, напримѣръ, если мѣстность покрыта богатою растительностью. Въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ другому способу представленія: чертятъ *разрѣзы* или *профили*. Этотъ способъ имѣетъ широкое распространеніе въ геологіи и заключается въ слѣдующемъ: данную мѣстность мысленно разсѣкаютъ вертикальною плоскостью; такое воображаемое сѣченіе получается на основаніи теоретическихъ соображеній по даннымъ наблюденія и наносится на бумагу въ схематическомъ видѣ.

Нужно немного навыка, чтобы обращаться съ профилями; такъ какъ въ дальнѣйшемъ намъ придется часто пользоваться ими, то мы поговоримъ объ этомъ

Рис. 91. Выклинивающіеся слои (по Гайдену).

предметѣ подробнѣе. Рисунокъ 93 представляетъ профиль Сетъ-Засса и рифа Рихтгофена; смыслъ этого рисунка станетъ яснымъ, если мы сравнимъ его съ перспективнымъ изображеніемъ той же мѣстности.

При черченіи геологическихъ профилей необходимо, по возможности, сохранять естественныя отношенія горизонтальнаго и вертикальнаго размѣровъ; только такимъ путемъ получается правильное представленіе о характерѣ данной мѣстности. Но не всегда это выполнимо: если изслѣдованія производятся въ мало культурной странѣ, не имѣющей точныхъ топографическихъ картъ, то составить представленіе о правильныхъ пространственныхъ соотношеніяхъ немыслимо; точно также геологъ удовлетворяется приблизительнымъ чертежомъ, когда нужно представить главный характеръ мѣстности на основаніи быстраго и поверхностнаго изслѣдованія. Наконецъ, въ мѣстностяхъ, покрытыхъ низкими холмами, измѣненія вертикальныхъ размѣровъ весьма малы; поэтому, представляя въ профилѣ болѣе или менѣе значительную область, трудно сохранить естественную правильность пространственныхъ соотношеній. Ради наглядности, большинство геологовъ беретъ въ вертикальномъ направленіи вдвое или втрое большій масштабъ, чѣмъ въ горизонтальномъ. Необходимо помнить, что такіе чертежи не соотвѣтствуютъ дѣйствительности и легко могутъ ввести въ заблужденіе; поэтому прибѣгать къ нимъ слѣдуетъ только въ крайнихъ случаяхъ.

Третiй способъ изображенiя мѣстности представляютъ геологическiя карты; на нихъ отмѣчается то пространство, которое занимаетъ на поверхности каждая горная порода. Какъ въ практическомъ, такъ и въ теоретическомъ отношенiи карты являются важнымъ пособiемъ при геологическихъ работахъ; въ настоящее время

Рис. 92. Сетъ-Зассъ и рифъ Рихтгофена (по Мойсисовичу).

тратится немало средств· на систематическое составленiе ихъ. При нѣкоторомъ навыкѣ, бѣглый взглядъ ·а геологическую карту страны даетъ понятiе объ ея строенiи. Еще легче уясняются геологическiя соотношенiя, если на ряду съ картой пользоваться также и профилями.

Рис. 93. Схематическiй профиль Сетъ-Засса и рифа Рихтгофена. D—доломитъ, M—мергель (по Мойсисовичу).

Первоначально, пласты имѣли горизонтальное положенiе; горообразующiе процессы, въ широкомъ смыслѣ этого слова, вызвали въ нихъ цѣлый рядъ позднѣйшихъ измѣненiй: правильность напластованiя нарушилась, слои изогнулись, искривились или приняли вертикальное положенiе; причины такихъ нарушенiй будутъ разсмотрѣны позднѣе, теперь же мы поговоримъ только о способахъ геологическихъ наблюденiй и установимъ терминологiю.

Обыкновенно пласты болѣе или менѣе наклонены или приняли вертикальное положенiе; геологу предстоитъ важная задача разобраться въ цѣломъ рядѣ вытекающихъ отсюда соотношенiй. Прежде всего ему нужно опредѣлить протяженiе пласта въ горизонтальномъ направленiи или, какъ говорятъ, *простиранiе* его; далѣе онъ долженъ найти уголъ наклона пласта или, какъ говорятъ, его *паденiе*.

Простираніе слоя опредѣляется такъ: на обнаженной его поверхности отыскиваютъ горизонтальную линію и опредѣляютъ ея направленіе; послѣднее дѣлается при помощи очень простого прибора, называемаго *горнымъ компасомъ* (см. рис. 95). Это—большой компасъ, укрѣпленный на прямоугольной латунной пластинкѣ, или, что еще лучше, помѣщенный въ деревянномъ ящикѣ. Линія NS идетъ параллельно боковой стѣнкѣ ящика или краю пластинки. Измѣреніе производится слѣдующимъ образомъ: прямоугольному основанію компаса даютъ горизонтальное положеніе, прикладываютъ его длинною стороною къ поверхности пласта и смотрятъ, насколько сѣверный полюсъ стрѣлки отклоняется отъ линіи NS циферблата; чтобы это можно было опредѣлить непосредственно, въ приборѣ востокъ обозначается тамъ, гдѣ западъ, и наоборотъ, т.-е. первый отмѣчается налѣво отъ линіи NS, а второй—направо; окружность циферблата раздѣляется или на 24 часа и каждый часъ на 15 градусовъ, или же прямо на 360 градусовъ. Такъ называемый фрейбергскій компасъ устроенъ весьма удобно: простираніе опредѣляется простымъ указаніемъ числа часовъ; если, напримѣръ, говорятъ, что простираніе слоя равно девяти часамъ, то это значитъ, что линія простиранія направлена отъ юго-востока къ сѣверо-западу. Чтобы опредѣлить вполнѣ направленіе пласта, необходимо еще знать, куда онъ наклоненъ, на юго-западъ или на сѣверо-востокъ.

Рис. 94. Наклонные пласты.

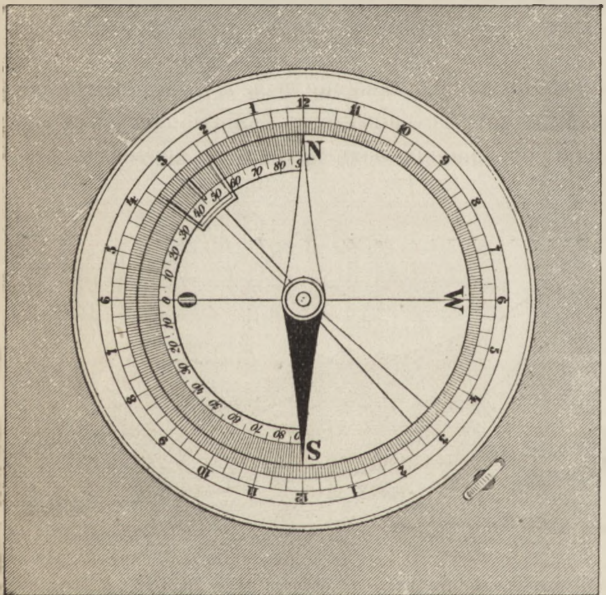


Рис. 95. Горный компасъ.

Для опредѣленія угла паденія въ горномъ компасѣ существуетъ особое приспособленіе: магнитная стрѣлка закрѣпляется при помощи маленькаго винта, и длинная сторона компаса устанавливается перпендикулярно къ направленію паденія; небольшой отвѣсъ, привѣшенный въ центрѣ, укажетъ на то или другое дѣленіе. Прежде, чѣмъ производить измѣреніе, нужно, очевидно, знать *линію паденія*: послѣдняя съ линіею простиранія образуетъ прямой уголъ.

Такія опредѣленія составляютъ основаніе геологическихъ изслѣдованій мѣстности съ наклоненными слоями. Посредствомъ извѣстныхъ значковъ результаты ихъ наносятся на карту; простая черта обозначаетъ простираніе слоя, перпендикулярная къ ней стрѣлка—паденіе его и, наконецъ, число—уголъ паденія; такъ

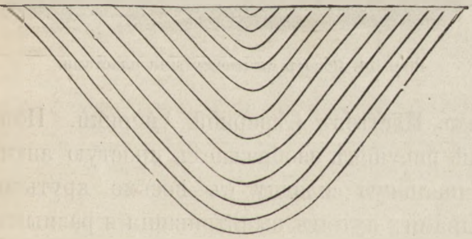
напримѣръ, значокъ ↗ 45° служитъ для характеристики слоя, который простирается по направленію отъ сѣверо-запада къ юго-востоку и падаетъ на сѣверовостокъ подъ угломъ въ 45°.

Пласты не только бываютъ наклонены, иногда они принимаютъ совсѣмъ вертикальное положеніе или, какъ говорятъ, бываютъ *поставлены на голову*. Нарушеніе горизонтальнаго положенія ихъ можетъ идти еще дальше: пласты оказываются иногда совершенно перевернутыми или, какъ говорятъ, *опрокинутыми*: позднѣйшія отложенія лежатъ внизу, а древнѣйшія ихъ покрываютъ. Примѣръ такого явленія представляетъ рис. 96; тамъ мѣловыя отложенія покрыты образованіями юрской

Рис. 96. Опрокинутые пласты Эстъ Ривера въ Колорадо Сѣверной Америки: 1) Силурійскія отложенія. 2) Каменноугольная система. 3) Тріасовая система. 4) Юрская система. 5) Мѣловая система (по Пилю).

и тріасовой системъ; надъ послѣдними, въ свою очередь, располагаются каменноугольные и силурійскіе пласты; слѣва, на заднемъ планѣ, мѣловыя отложенія поставлены на голову, а далѣе имѣютъ уже нормальное положеніе.

Еще чаще наблюдаются болѣе сложныя нарушенія правильности напластованія. Прежде всего сюда относятся *складки* и изгибы, господствующіе въ строеніи



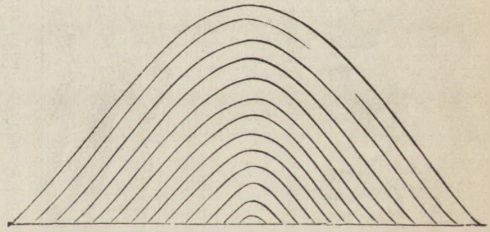


Рис. 97 и 98. Синклинальная и антиклинальная складки.

всѣхъ значительныхъ горъ; терминъ не требуетъ дальнѣйшихъ толкованій: смыслъ его уясняется профилями (рис. 97 и 98) и перспективными рисунками (рис. 102 и 103). Части наклонныхъ слоевъ, соединенныя въ складку перегибомъ, называются *бедрами* или *крыльями* складки. Складка, у которой оба бедра книзу расходятся и вершина перегиба направлена вверхъ, называется *сѣдломъ*, или *антиклинальною складкою;* наоборотъ, если бедра складки книзу сходятся и перегибъ своей вершиной обращенъ внизъ, то получается складка *синклинальная*, или *мульда* (ср. рис. 97 и 98).

Просто наклоненные слои отличаются отъ складокъ тѣмъ, что ихъ прямыя бедра не соединяются перегибомъ, а встрѣчаются подъ угломъ. Примѣръ такихъ наклонныхъ слоевъ можно видѣть на рис. 9.

Приведенные рисунки (102 и 103) представляютъ складки въ томъ видѣ, какъ онѣ встрѣчаются въ природѣ; оба примѣра взяты изъ западной части Соединен-

Рис. 103. Размытая антиклинальная складка въ Тетонскихъ горахъ въ Идаго Сѣверн. Америки (по Джону).

Рис. 102. Антиклинальная и синклинальная складки Бига Томсона въ Колорадо Сѣверной Америки (по Гайдену).

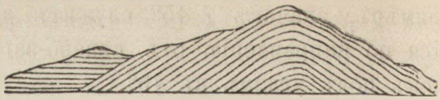


Рис. 99. Прислоненные (ингрессивные) пласты.

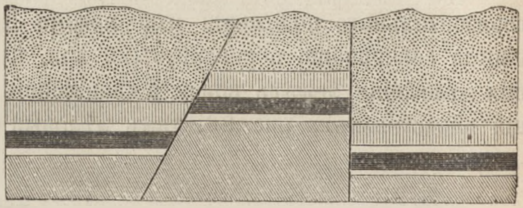


Рис. 100. Сбросъ.

Рис. 101. Сбросъ съ изогнутыми пластами.

ныхъ Штатовъ Сѣверной Америки. Первый рисунокъ изображаетъ простую антиклинальную складку съ весьма крутыми бедрами; путемъ вывѣтриванія и размыванія сводъ этой складки почти уничтоженъ; породы, одѣвающія ее сверху, на мѣстѣ перегиба прерываются, и обнаженные края ихъ обращены вверхъ; они образуютъ такъ-называемую *„воздушную складку“*.

На второмъ рисункѣ представлена комбинація антиклинальной и синклинальной складокъ. Съ лѣвой стороны замкнутая антиклиналь образуетъ гору; углубленія съ правой ея стороны соотвѣтствуютъ серединѣ мульды; еще правѣе пласты опять поднимаются вверхъ, образуя второе бедро мульды.

Во всѣхъ до сихъ поръ разсмотрѣнныхъ случаяхъ предполагалось, что изслѣдуемые слои отлагались вполнѣ правильно другъ на другѣ; такое послѣдовательное

напластованіе носитъ названіе *согласнаго*; часто, однако, наблюдаются уклоненія отъ этой правильности. Если мы представимъ себѣ, что искривленная или разогнутая система слоевъ выдвинулась изъ моря, то, какъ мы знаемъ уже по многимъ примѣрамъ, начнется размываніе. Вслѣдствіе тѣхъ или иныхъ измѣненій море можетъ опять залить эту мѣстность. Такое перемѣщеніе моря или *трансгрессія*, какъ его называютъ, влечетъ за собою образованіе новыхъ осадковъ; они будутъ отлагаться въ видѣ горизонтальныхъ пластовъ на головахъ прежнихъ образованій. Получится тотъ видъ напластованія, которое называется *несогласнымъ* (см. рис. 104).

Рис. 104. Несогласное напластованіе.

Иногда несогласіе напластованія выражается иначе: новообразованные горизонтальные слои располагаются рядомъ съ прежними наклоненными пластами, обрываются около нихъ; они носятъ названіе *прислоненныхъ* или *ингрессивныхъ* (рис. 99).

Рис. 105. Жила, прорѣзывающая горизонтальные слои (по Гайдену)

Особый видъ нарушеній напластованія составляютъ *сдвиги* или *сбросы* (см.рис. на стр. 56). Подъ этимъ словомъ разумѣютъ перемѣщенія горныхъ породъ, происходящія по направленію прорѣзывающихъ ихъ вертикальныхъ или горизонтальныхъ трещинъ; обыкновенно одна сторона трещины оказывается опустившейся

или „сброшенной“. Разница въ высотѣ сброшенной части и части, сохранившей свое прежнее положеніе, или, какъ говорятъ, высота сброса, часто выражается нѣсколькими сантиметрами; но она можетъ принимать и колоссальные размѣры въ нѣсколько тысячъ метровъ. Вслѣдствіе страшнаго давленія, развивающагося при сбросѣ такихъ большихъ массъ, падающіе пласты изгибаются, образуя выпуклость внизъ, части же пластовъ, оставшіяся на мѣстѣ, изгибаются въ обратномъ направленіи: получается такъ-называемый „складчатый“ сбросъ (см. рис. 101)

Въ связи съ трещинами находятся *жилы*. Это тоже трещины въ осадочной или массивной породѣ, но заполненныя какимъ-либо минераломъ или другою горною породою; особенное значеніе для горнаго дѣла имѣютъ такъ-называемыя рудныя жилы.

Рис. 106. Перекрещивающіяся жилы у С. Луи (по Гайдену).

Своимъ возникновеніемъ жилы обязаны весьма различнымъ причинамъ: въ однихъ случаяхъ ихъ заполнила изверженная огненножидкая масса, двигавшаяся снизу; въ другихъ случаяхъ минералы, образующіе жилу, выкристаллизовались изъ циркулировавшей въ трещинѣ воды. Иногда жилы заполняются гальками, обломками и иломъ, который направляется туда съ поверхности. Несмотря на различіе происхожденія, по внѣшнему виду жилы представляютъ много сходнаго и обозначаются общимъ терминомъ. Въ размѣрахъ жилъ такъ же, какъ и въ способѣ происхожденія, существуютъ большія различія; нѣкоторыя изъ нихъ очень тонки, другія достигаютъ значительной мощности; нѣкоторыя вулканическія жилы могутъ явиться въ качествѣ самостоятельныхъ возвышенностей, если порода, черезъ которую онѣ проходятъ, будетъ уничтожена разрушительнымъ дѣйствіемъ воды и унесена.

Иногда слоистыя породы пересѣкаются жилами во всевозможныхъ направленіяхъ (см. рис. 106); можетъ случиться, что жила пойдетъ между двумя пластами, имѣя одинаковое съ ними простираніе и паденіе; такая жила называется *пластовою* жилой. Иногда жилы встрѣчаются цѣлыми группами; чаще всего онѣ могутъ

быть наблюдаемы среди вулканическихъ туфовъ и пепла, составляющихъ конусъ огнедышащей горы, и образуются здѣсь путемъ заполненія трещинъ лавою. Особеннаго вниманія заслуживаютъ явленія, замѣчаемыя на мѣстѣ пересѣченія двухъ жилъ: иногда части одной жилы оказываются перемѣщенными или сброшенными по направленію другой; въ такихъ случаяхъ возможно опредѣлить относительный возрастъ жилъ; очевидно, что та жила, которая прорвала другую и произвела сбросъ, образовалась позднѣе (см. рис. 106).

I. Физическая геологія.

I. Земля въ міровомъ пространствѣ.

Небесный сводъ.—Планетная система.—Спектральный анализъ.—Солнце.—Состояніе міровыхъ тѣлъ.—Луна.—Прошедшее и будущее земли.—Метеориты.—Составъ метеоритовъ.

Небесный сводъ.

Геологія выясняетъ происхожденіе земли, свойства, образованіе и характеръ залеганія составляющихъ ее массъ, и изучаетъ измѣненія, которымъ послѣднія подлежатъ. Фактовъ, наблюдаемыхъ на поверхности земли, еще не достаточно для рѣшенія этихъ вопросовъ: мы принуждены обратиться къ сравненію нашей планеты съ другими ближайшими и отдаленными небесными тѣлами и воспользоваться выводами астрономіи. О происхожденіи земли мы можемъ судить по ея положенію въ солнечной системѣ, а о состояніи нашей планеты въ отдаленнѣйшіе періоды—по свойствамъ тѣхъ небесныхъ тѣлъ, которыя переживаютъ стадіи, миріады вѣковъ назадъ пройденныя землею.

Звѣзды, блистающія на доступной намъ части небеснаго свода, кажутся безчисленными: повидимому, онѣ измѣряются сотнями тысячъ. Но это обманъ зрѣнія. Люди, незнакомые съ наукой, удивятся, узнавъ, что вся совокупность звѣздъ, видимыхъ на сѣверномъ небѣ, не превышаетъ 3,300; только очень развитой и опытный глазъ видитъ ихъ болѣе 5,000. Но если прибѣгнуть къ помощи телескопа, то это число приметъ колоссальные размѣры. Теперь еще нельзя опредѣлить всего количества звѣздъ, видимыхъ при посредствѣ сильнѣйшихъ приборовъ, но по приблизительнымъ расчетамъ оно достигаетъ нѣсколькихъ сотенъ милліоновъ,—какъ думаютъ нѣкоторые, даже до 1200 милліоновъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ звѣзды до поразительности скучены; вблизи млечнаго пути, на протяженіи 41 минуты, астрономъ Гершель наблюдалъ въ полѣ зрѣнія своей огромной трубы около четверти милліона звѣздъ.

Каждая изъ этихъ звѣздъ—солнце, подобное нашему; оно обладаетъ собственнымъ свѣтомъ и, быть можетъ, окружено своими планетами. Разстоянія, отдѣляющія эти міровыя тѣла, такъ велики. что мы не можемъ составить о нихъ даже приблизительнаго представленія. Отъ ближайшей неподвижной звѣзды, яркой α въ созвѣздіи Центавра, солнце отстоитъ приблизительно на восемь билліоновъ миль, т.-е. въ 400,000 разъ больше, чѣмъ земля отъ солнца. Свѣтъ, пробѣгающій болѣе 40,000 миль въ секунду, достигаетъ оттуда къ намъ черезъ $6^1/_2$ лѣтъ; самая лучшая изъ лошадей могла бы пробѣжать это разстояніе въ сто милліоновъ лѣтъ, да и то, не

останавливаясь ни на мгновеніе. Разстояніе другихъ звѣздъ еще больше, и у значительной части ихъ такъ громадно, что не поддается никакому опредѣленію. Приблизительно, можно допустить, что многія изъ нихъ отстоятъ отъ солнца на сотни и тысячи звѣздныхъ разстояній (такъ называется длина въ восемь билліоновъ миль): свѣтъ ихъ только черезъ цѣлыя тысячелѣтія достигаетъ земли.

Разстоянія между неподвижными звѣздами поразительно велики. Но астрономія показываетъ, что наша земля лежитъ въ томъ участкѣ пространства, гдѣ міровыя тѣла расположены сравнительно тѣсно. Весь видимый небесный сводъ окруженъ *млечнымъ путемъ,* который можетъ быть сравненъ съ бѣлой свѣтящейся лентой. Невооруженному глазу онъ кажется одинаково яркимъ, но съ помощью телескопа можно замѣтить во многихъ частяхъ его безчисленныя и тѣсно скученныя мелкія звѣзды. Что касается остальной части небеснаго свода, то значительное большинство видимыхъ тамъ звѣздъ и почти всѣ ярко свѣтящія тѣла находятся вблизи млечнаго пути; наиболѣе же удаленныя отъ него части небеснаго свода бѣдны звѣздами. Для объясненія этого явленія допускаютъ, что наша планетная система представляетъ одну изъ многочисленныхъ частей большой кучи звѣздъ, которая имѣетъ форму плоской линзы (чечевицы). Если мы смотримъ по направленію къ болѣе удаленному отъ насъ острому ребру линзы, то замѣчаемъ огромное множество звѣздъ; ихъ мы и называемъ млечнымъ путемъ; наоборотъ, вдали отъ послѣдняго, пространство будетъ казаться намъ бѣднымъ звѣздами, такъ какъ въ этомъ случаѣ мы направляемъ глазъ на плоскія грани линзы и видимъ передъ собою только тонкій слой звѣздъ. По нѣкоторымъ даннымъ,—конечно, весьма приблизительнымъ,—можно допустить, что наименѣе удаленная часть ребра линзы отстоитъ отъ насъ на 79 разстояній Сиріуса, а наиболѣе удаленная на 497 (разстояніе Сиріуса равно 20 билліонамъ миль).

Извѣстно, что солнце не сохраняетъ неизмѣннымъ своего положенія, но обладаетъ поступательнымъ движеніемъ; послѣдняго мы не замѣчаемъ, потому что земля, такъ же, какъ и всѣ планеты, принимаетъ участіе въ немъ. Только тщательныя наблюденія едва замѣтныхъ перемѣщеній неподвижныхъ звѣздъ позволяютъ установить этотъ фактъ; оказывается, что мы несемся къ созвѣздію Геркулеса со скоростью, которая колеблется между $2^3/_4$ и 7 милями въ секунду. Въ послѣднее время, по небольшимъ отклоненіямъ извѣстныхъ цвѣтныхъ линій спектра, сдѣлана попытка опредѣлить, съ какою скоростью приближаются къ намъ или удаляются отъ насъ нѣкоторыя звѣзды; но само собою понятно, что, даже при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ, этимъ путемъ можетъ быть найдена сумма скоростей солнца и наблюдаемой звѣзды; скорость же движенія самаго солнца остается неизвѣстной *).

Подобно солнцу, и другія звѣзды движутся. Мы не ошибемся, допустивъ, что движеніе ихъ подчинено тѣмъ же механическимъ законамъ, которые управляютъ движеніемъ планетъ около солнца. Обладаютъ ли солнце и звѣзды прямолинейнымъ движеніемъ, образуютъ ли они извѣстныя системы, движущіяся по кривымъ около

---

*) Такимъ путемъ, напримѣръ, вычислено, что мы приближаемся къ звѣздѣ Вега изъ созвѣздія Лиры со скоростью 11,24 миль, къ звѣздѣ Атаиръ въ созвѣздіи Орла со скоростью 10,4 миль, къ Арктуру со скоростью 13,75 миль, къ Поллуксу 12,25 миль въ секунду и удаляемся отъ Кастора со скоростью 7 миль, отъ Регула въ созвѣздіи Льва—со скоростью 3—4 миль, отъ Ригеля въ созвѣздіи Оріона—со скоростью 3,75 миль въ секунду. (По *Хеггинсу* [Huggins] и *Фогелю*).

общаго центра ихъ тяжести, вращаются ли всѣ они около нѣкоего центральнаго солнца, слѣдуетъ ли, наконецъ, искать это солнце въ одной изъ Плеядъ созвѣздія Тельца, какъ было однажды предложено,—все это вопросы, для рѣшенія которыхъ мы не имѣемъ никакихъ данныхъ.

Земля—одна изъ небольшихъ планетъ солнечной системы, да и само наше солнце, въ ряду милліоновъ подобныхъ ему свѣтилъ, не занимаетъ, повидимому, выдающагося мѣста. Ничтожной пылинкой кажется планета, на которой мы живемъ и на которой сталкиваются всѣ важнѣйшіе интересы человѣчества. Наконецъ, и та звѣздная куча, въ которой земля—только атомъ, не представляетъ вселенной; вѣроятно, она является одною изъ безчисленныхъ системъ болѣе высокаго порядка, находящихся, быть можетъ, въ такой же связи между собою, какъ отдѣльныя звѣзды. Среди блестящихъ звѣздъ, на многихъ мѣстахъ небосвода замѣчаются безчисленныя свѣтлыя пятна; отчасти онѣ видимы простымъ глазомъ, въ большинствѣ же случаевъ только при помощи астрономическихъ трубъ; это—такъ-называемыя *туманности*. Наблюдая такія пятна посредствомъ сильныхъ телескоповъ, удалось доказать, что онѣ состоятъ изъ огромнаго числа мельчайшихъ звѣздъ, тѣсно скученныхъ въ одномъ мѣстѣ (см. рис. 107); весьма вѣроятно, что туманности—такія же самостоятельныя системы и, можетъ быть, такія же большія, какъ млечный путь со всѣми его звѣздами и нашимъ солнцемъ (Кантъ). Тутъ раскрываются передъ нами уже безконечно-огромныя перспективы, и мы не въ силахъ представить себѣ этихъ неизмѣримо большихъ протяженій.

Рис. 107. Звѣздная куча изъ созвѣздія Тукана (по Петерсу).

Планетная система.

Возвращаясь къ нашей *солнечной системѣ*, мы найдемъ ничтожными ея размѣры, выражающіеся только милліонами миль. Въ центрѣ всей системы находится *солнце;* по своему діаметру и массѣ оно превосходитъ не только отдѣльныя планеты, но и всѣ ихъ, вмѣстѣ взятыя. Тѣла притягиваются другъ другомъ въ зависимости отъ массы, или вѣса, и потому солнце, превосходящее въ этомъ отношеніи всѣ планеты, заставляетъ ихъ вращаться около себя. Діаметръ солнца равенъ 187 тысячамъ нѣмецкихъ миль; онъ такъ великъ, что земля вмѣстѣ съ вращающеюся вокругъ

нея луной могла бы свободно помѣститься внутри солнца: діаметръ орбиты луны равняется приблизительно половинѣ солнечнаго діаметра; масса солнца 323,000 разъ больше массы земли.

Мы уклонились бы въ сторону, если бы стали доказывать, какъ просто вытекаютъ всѣ движенія планетъ изъ закона тяготѣнія и какъ этотъ законъ былъ открытъ великимъ Ньютономъ. Мы познакомимся съ вопросомъ чисто эмпирически. Всѣ планеты, за исключеніемъ нѣкоторыхъ небольшихъ астероидовъ, совершаютъ свой путь около солнца по эллипсамъ, а не по кругамъ, какъ это предполагалось до Кеплера и какъ это иногда приходится слышать даже теперь; всѣ эти эллипсы обладаютъ небольшимъ эксцентрицитетомъ, немного наклонены относительно экватора солнца и имѣютъ общій фокусъ, который совпадаетъ съ центромъ солнца.

Оставивъ въ сторонѣ сомнительныя планеты, расположенныя между солнцемъ и *меркуріемъ*, можно считать послѣдній самою близкою къ солнцу планетой; среднее разстояніе его отъ солнца равняется 0,387 радіуса земной орбиты; время обращенія его около солнца—88 дней, діаметръ 648 миль и масса $^1/_{14}$ земной массы. За нимъ слѣдуютъ:

Венера; среднее разстояніе ея отъ солнца равно 0,723 радіуса земной орбиты, время обращенія—224 днямъ, діаметръ—1.616 милямъ, масса—0,8 земной массы.

Земля; среднее разстояніе ея отъ солнца приблизительно 20 милліоновъ миль, время обращенія—годъ, діаметръ—1.719 миль и масса $^1/_{323000}$ массы солнца; она сопровождается спутникомъ,—луной.

Марсъ; среднее разстояніе его въ 1,524 раза больше разстоянія земли, время полнаго обращенія—687 дней, діаметръ—909 миль и масса—0,1 массы земли. Марсъ имѣетъ два спутника, вращающіеся около него по орбитамъ относительно небольшого радіуса.

Разстоянія названныхъ звѣздъ отъ солнца постепенно и правильно возрастаютъ. Слѣдующая за Марсомъ планета, извѣстная уже съ древнихъ временъ, *Юпитеръ*. Разстояніе между нею и Марсомъ чрезвычайно велико: повидимому, въ системѣ не достаетъ одного члена. Давно уже предполагалось, что въ этомъ мѣстѣ должна существовать еще не открытая планета. Ожиданія оправдались: 1-го января 1801 г. *Піацци* открылъ эту планету и назвалъ ее *Церерой*; вычисленія были сдѣланы *Гауссомъ*. Это необычайно маленькое небесное тѣло: діамертъ его всего 50 миль; ось ея орбиты въ 2,768 разъ больше соотвѣтствующей оси земли; время ея полнаго обращенія 1.682 дня. Но скоро, однако, оказалось, что не одна Церера заполняетъ пространство между Марсомъ и Юпитеромъ; тутъ же найдены были: Паллада, Веста, Юнона. Съ тѣхъ поръ небо подвергается систематическимъ изслѣдованіямъ, и дѣлаются фотографическіе снимки его; усилія астрономовъ увѣнчались успѣхомъ, и ежегодно открывается цѣлый рядъ небольшихъ небесныхъ тѣлъ, такъ-называемыхъ *астероидовъ*. Къ концу 1891 года было извѣстно 324 астероида. Діаметръ ихъ колеблется между 375 и 25 километрами; изслѣдованія Леверрье показали, что общая ихъ масса составляетъ только $^1/_4$ массы земли. Наикратчайшее изъ временъ обращенія астероидовъ вокругъ солнца равняется 1.137 днямъ, наидлиннѣйшее—2.867 днямъ. Эксцентрицитетъ ихъ орбитъ въ общемъ больше, чѣмъ у остальныхъ планетъ.

За астероидами слѣдуютъ большія планеты; въ ряду ихъ первое мѣсто занимаетъ *Юпитеръ;* сравнительно съ другими планетами онъ—великанъ. Среднее раз-

стояніе его отъ солнца въ 5,5, діаметръ въ 11, масса въ 334 раза больше земли; время его обращенія равно 4.332 днямъ или 11 годамъ и 314 днямъ. У Юпитера пять спутниковъ.

Сатурнъ; среднее разстояніе его отъ солнца въ 9 разъ больше разстоянія земли; время его полнаго обращенія—10.760 дней, діаметръ—16.675 миль, масса въ 92 раза больше массы земли, плотность составляетъ $^1/_7$ плотности земли. Сатурнъ имѣетъ 8 спутниковъ; большій изъ нихъ, по величинѣ, приближается къ Марсу; характеристическая особенность Сатурна—тройное кольцо, свободно вращающееся вокругъ экватора.

Уранъ—съ экваторіальнымъ діаметромъ въ 6.740 миль—обладаетъ массой, въ 14 разъ превосходящей массу земли. Время обращенія его вокругъ солнца—30.686 дней, среднее разстояніе отъ солнца 384 милліона миль, т.-е. въ 19 разъ больше разстоянія земли. Уранъ имѣетъ 4 спутника.

Нептунъ—по нашимъ свѣдѣніямъ, крайняя планета солнечной системы—извѣстенъ съ 1846 года. Существованіе его вытекало изъ нарушеній правильности движенія Урана. *Леверрье* вычислилъ положеніе новой планеты: Нептунъ былъ найденъ на указанной этимъ ученымъ точкѣ небеснаго свода. Среднее разстояніе его отъ солнца въ 30 разъ больше разстоянія земли (приблизительно 600 милліоновъ миль); время обращенія—164,5 лѣтъ, діаметръ въ $4^1/_3$, а масса въ 16 разъ больше, чѣмъ у земли. Нептунъ имѣетъ одного спутника.

Такимъ образомъ, огромное число планетъ, въ существеннѣйшихъ чертахъ сходныхъ между собою, вращается вмѣстѣ со своими спутниками вокругъ солнца. Всѣ онѣ совершаютъ свой путь отъ запада къ востоку. Въ этомъ же направленіи движется и солнце, и всѣ планеты около своихъ осей. Планеты при своемъ вращеніи описываютъ эллипсы, весьма близкіе къ кругу; орбиты всѣхъ ихъ нѣсколько наклонены другъ къ другу и къ экватору солнца. Все это дѣлаетъ весьма вѣроятнымъ допущеніе общей причины движенія планетъ и общности ихъ происхожденія. Одинъ изъ величайшихъ мыслителей, *Кантъ*, основываясь на этомъ, создалъ свою знаменитую теорію происхожденія планетной системы; огромное большинство изслѣдователей принимаетъ ее до сихъ поръ. По этой теоріи, планетная система представляла вращающуюся массу газовъ; вслѣдствіе охлажденія и сокращенія массы, части ея отдѣлились и образовали планеты съ ихъ спутниками; главная масса осталась въ центрѣ.

Вначалѣ взгляды Канта были приняты далеко не всѣми. Только сорокъ лѣтъ спустя, когда съ тою же теоріею выступилъ *Лапласъ*, вѣроятно, не безъ вліянія идей своего предшественника,—она достигла общаго признанія.

Съ тѣхъ поръ совершилось много астрономическихъ открытій: найдены Уранъ, Нептунъ и скопленіе астероидовъ; всѣ эти тѣла движутся по направленію съ запада къ востоку. Вѣроятность гипотезы Канта-Лапласа увеличилась. Теперь принимаютъ, что солнце и всѣ планеты составляли первоначально общую массу, которая, вслѣдствіе страшно-большаго жара, находилась въ парообразномъ состояніи и простиралась до орбиты Нептуна; съ теченіемъ времени она сократилась до современнаго объема солнца. При этомъ внѣшніе слои вращающагося шара паровъ и газовъ охлаждались быстрѣе, сокращались сильнѣе и отдѣлялись отъ главной массы въ видѣ колецъ; кольца разрывались и образовали планеты.

Слѣдуетъ ли эту теорію расширить и допустить, что весь млечный путь произошелъ такимъ же образомъ? Слѣдуетъ ли думать, что онъ составлялъ первоначально

одну общую туманную массу? Если судить по аналогіямъ, то должно дать отвѣтъ положительный, но фактовъ мало въ нашихъ рукахъ, свѣдѣнія о движеніи звѣздъ ничтожны, и точное рѣшеніе вопроса немыслимо; только спектральный анализъ даетъ возможность сдѣлать кое-какія заключенія.

Теорія Канта-Лапласа сводитъ образованіе нашей солнечной системы,—солнца и планетъ, — къ распаденію первобытной туманной массы; если это справедливо, то солнце и планеты должны имѣть одинаковый составъ; мы знаемъ элементы, изъ которыхъ слагается земля, и должны предположить, что они входятъ также въ составъ солнца и всѣхъ вращающихся около него небесныхъ тѣлъ. Фактическое доказательство этой мысли должно блестящимъ образомъ подтвердить и гипотезу Канта-Лапласа, а если намъ удастся показать, что и отдаленныя неподвижныя звѣзды составлены изъ тѣхъ же элементовъ, то съ большою вѣроятностью можно будетъ предположить, что онѣ находятся въ такомъ же отношеніи другъ къ другу и къ солнцу, какъ и отдѣльныя части планетной системы, т.-е., что всѣ обязаны своимъ существованіемъ распаденію огромной космической туманной массы.

Спектральный анализъ.

Химическій анализъ солнца и наиболѣе далекихъ неподвижныхъ звѣздъ казался десять лѣтъ тому назадъ несбыточною мечтой. Разстоянія въ милліоны миль дѣлали его невозможнымъ. Поэтому открытіе *спектральнаго анализа*, который позволилъ намъ перешагнуть и за эти предѣлы, принадлежитъ къ числу величайшихъ завоеваній человѣческой мысли. Введеніемъ его въ науку мы обязаны гейдельбергскимъ ученымъ *Бунзену* и *Кирхгофу*.

Мы не можемъ добыть вещества, изъ котораго состоятъ звѣзды, и подвергнуть его непосредственному химическому изслѣдованію; но свѣтъ ихъ доступенъ намъ и, по его свойствамъ, мы можемъ сдѣлать извѣстныя заключенія о тѣлахъ, которыя его испускаютъ и черезъ которыя онъ проходитъ. Выводы, полученные этимъ способомъ, такъ же точны, какъ и тѣ, къ которымъ приводитъ насъ лабораторный анализъ,—непосредственное раствореніе вещества или испытаніе его передъ пламенемъ паяльной трубки.

Подъ преломленіемъ свѣта разумѣется отклоненіе его отъ прямолинейнаго направленія, испытываемое при переходѣ изъ одной прозрачной среды въ другую. Если, напримѣръ, свѣтовой лучъ переходитъ изъ воздуха въ стекло или воду, то онъ измѣняетъ свое первоначальное направленіе. Доказательствомъ можетъ служить явленіе, наблюдаемое при опусканіи палки въ воду: погруженная часть кажется надломленною на границѣ ея съ частью, находящеюся въ воздухѣ. Ньютонъ впервые показалъ, что лучи разнаго цвѣта обладаютъ различною преломляемостью. Если мы пропустимъ ихъ черезъ трехгранную стеклянную призму, то замѣтимъ, что величина отклоненія, испытываемаго ими при преломленіи, весьма различна. Красный цвѣтъ преломляется всего слабѣе, оранжевый нѣсколько больше, желтый, зеленый, голубой еще больше и, наконецъ, максимумомъ преломляющей способности обладаетъ фіолетовый цвѣтъ. Какъ извѣстно, обыкновенный бѣлый цвѣтъ состоитъ изъ лучей разнаго цвѣта; проходя черезъ призму изъ безцвѣтнаго стекла, разные лучи не одинаково преломляются, и свѣтъ разлагается; если онъ падаетъ

на бѣлую поверхность, то получается пестрая полоса, послѣдовательно окрашенная въ цвѣта: — красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синій, фіолетовый. Эта полоса называется *спектромъ*.

Трехгранная призма даетъ возможность опредѣлить составъ всякаго свѣта. Для такихъ изслѣдованій пользуются особымъ приборомъ, который носитъ названіе *спектроскопа;* приборъ этотъ позволяетъ наблюдать явленія съ замѣчательной точностью. Устройство его представлено на рис. 108. Въ одной изъ трубъ находится тонкая щель, черезъ которую и входитъ свѣтъ; посредствомъ собирательной линзы, свѣтъ, вышедшій изъ трубы, отбрасывается на одну изъ граней призмы, находящейся въ центрѣ прибора; другая труба служитъ для наблюденій полученнаго спектра. Такое простое устройство аппарата въ частныхъ случаяхъ видоизмѣняется и усложняется: вмѣсто одной призмы, пользуются нѣсколькими и вызываютъ тѣмъ самымъ болѣе сильное преломленіе; иногда присоединяютъ приспособленія, позволяющія наблюдать два различныхъ источника свѣта одновременно и сравнивать ихъ между собою.

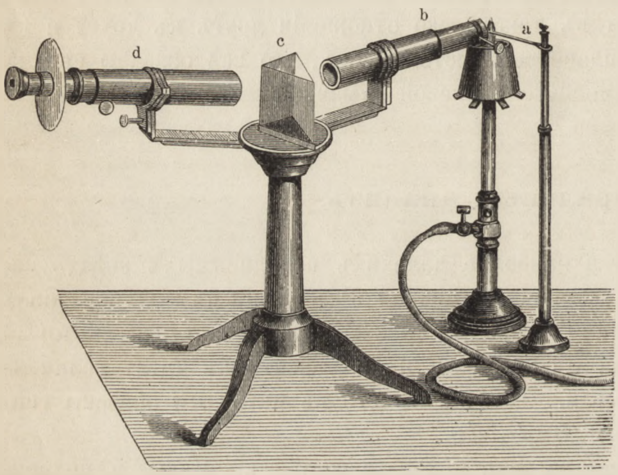


Рис. 108. Спектроскопъ: a) горѣлка Бунзена, b) коллиматоръ (труба съ собирательною линзой), c) призма, d) зрительная труба.

Если мы станемъ изслѣдовать свѣтъ, испускаемый накаленными до бѣла твердыми и жидкими тѣлами, и пропустимъ его для этого черезъ призму, то замѣтимъ, что онъ во всѣхъ случаяхъ одинаковъ и даетъ всегда полный и непрерывный спектръ, заключающій въ себѣ всѣ цвѣта. Иное наблюдается при изслѣдованіи накаленныхъ газовъ: въ спектрѣ ихъ видны свѣтлыя полосы, отдѣленныя другъ отъ друга темными помежутками; прежняго однообразія не замѣчается: каждый газъ даетъ свой собственный и во всѣхъ случаяхъ одинаковый спектръ, но отличающійся отъ спектровъ другихъ газовъ. Такимъ образомъ мы получаемъ возможность опредѣлить химическую природу газовъ и паровъ путемъ непосредственнаго изслѣдованія свѣта, испускаемаго ими. Въ этомъ и закючается сущность спектральнаго анализа.

Свои классическія изслѣдованія Бунзенъ и Кирхгофъ производили надъ тѣлами, легко дающими накаленные пары; тѣла эти — щелочные и щелочно-земельные металлы, — калій, натрій, литій, кальцій, стронцій, барій. Для изслѣдованія помѣщаютъ на концѣ тонкой платиновой проволоки щепотку солей этихъ металловъ; послѣднюю вносятъ въ несвѣтящееся пламя бунзеновой горѣлки, поставленной передъ щелью спектроскопа; пламя тотчасъ же окрашивается, и черезъ зрительную трубу аппарата можно видѣть характеристическія черты паровъ взятаго металла.

Если такой опытъ продѣлать съ какимъ нибудь соединеніемъ натрія, напр., съ поваренной солью (хлористый натрій), то въ слабыхъ приборахъ замѣчается одна свѣтлая желтая линія, въ сильныхъ — двѣ. Эта реакція необыкновенно чувствительна; при ея помощи можетъ быть доказано присутствіе одной трехмилліонной

части милиграмма натрія; такою точностью не обладаетъ никакой другой химическій способъ. Достаточно махнуть рукой около бунзеновой горѣлки, чтобы въ полѣ зрѣнія трубы появились желтыя линіи натрія: поверхность руки покрыта потомъ, который заключаетъ въ себѣ между прочимъ и хлористый натрій; крупинка послѣдняго отскакиваетъ при взмахѣ и попадаетъ въ пламя. Весьма распространенный въ природѣ, но находимый въ малыхъ количествахъ, металлъ литій даетъ слабую желтую и очень яркую красную линію; и въ этомъ случаѣ реакція весьма чувствительна и позволяетъ доказать ничтожные слѣды элемента. Нѣкоторыя минеральныя воды, которыми пользуются въ качествѣ лѣчебнаго средства, содержатъ въ себѣ соли литія; если выпить такой воды, втянуть послѣ этого каплю пота кусочкомъ протечной бумаги и сжечь послѣднюю, то въ золѣ можно доказать описаннымъ способомъ присутствіе литія. Необыкновенная чувствительность метода дала возможность химикамъ открыть нѣкоторые элементы, встрѣчающіеся въ природѣ въ ничтожныхъ количествахъ и до тѣхъ поръ неизвѣстные; *Бунзенъ* открылъ два близкихъ къ калію металла, цезій и рубидій; позднѣе были найдены тѣмъ же способомъ галлій, индій, таллій и нѣкоторые другіе.

Мы познакомились съ двумя различными видами спектровъ: первый даютъ твердыя или жидкія тѣла при бѣломъ каленіи; онъ представляетъ *непрерывную* полосу; второй получается при изслѣдованіи свѣта, испускаемаго раскаленными газами; онъ состоитъ изъ *отдѣльныхъ* свѣтлыхъ линій. Пропустивъ солнечный лучъ черезъ призму, мы получимъ третій видъ спектра; невооруженному глазу онъ кажется тождественнымъ съ непрерывномъ спектромъ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ; но уже слабая зрительная труба позволяетъ замѣтить въ немъ нѣсколько черныхъ линій; изслѣдованіе солнечнаго спектра при очень большихъ увеличеніяхъ показываетъ, что онъ прерывается цѣлымъ рядомъ такихъ линій. Впервые это явленіе замѣтилъ *Волластонъ,* точное же изслѣдованіе его сдѣлалъ *Фраунгоферъ,* въ Мюнхенѣ; главнѣйшія изъ темныхъ линій солнечнаго спектра онъ отмѣтилъ буквами латинскаго алфавита отъ A до H; между этими линіями онъ замѣтилъ рядъ другихъ. Далѣе, онъ показалъ, что въ спектрѣ луны и Венеры наблюдаются тѣ же темныя линіи, что и въ солнечномъ спектрѣ; наоборотъ, въ спектрѣ неподвихныхъ звѣздъ не всѣ темныя линіи совпадаютъ съ линіями солнечнаго спектра.

Уже Фраунгоферъ наблюдалъ, что темная линія солнечнаго спектра, обозначаемая буквою D, располагается на мѣстѣ желтой линіи натрія; но это важное открытіе было оставлено безъ вниманія, и только черезъ 40 лѣтъ оно послужило исходной точкой замѣчательныхъ изслѣдованій *Кирхгофа.* Замѣтивъ, въ свою очередь, полное совпаденіе фраунгоферовой линіи D съ линіей натрія, онъ сталъ искать объясненія этого факта. Извѣстно, что слабое пламя, будучи поставлено передъ очень яркимъ источникомъ свѣта, отбрасываетъ отъ себя тѣнь; если напримѣръ, помѣстить горящую свѣчу передъ электрической лампой, то появится тѣнь не только отъ свѣчи, но и отъ пламени. Передъ щелью спектроскопа Кирхгофъ поставилъ слабо свѣтящееся пламя натрія, а позади—источникъ съ яркимъ бѣлымъ свѣтомъ; лучи послѣдняго на пути къ призмѣ должны были пройти предварительно черезъ блѣдное пламя натрія; случилось то, чего ожидалъ ученый: получился вполнѣ непрерывный спектръ, только въ желтой его части, тамъ, гдѣ лежитъ линія натрія или линія D солнечнаго спектра, была замѣтна двойная темная полоса. Далѣе, Кирхгофъ между щелью спектроскопа и источникомъ яркаго свѣта помѣстилъ слабое пламя

литія; тотчасъ же на мѣстѣ линій литія въ спектрѣ появились черныя полосы; то же повторилось и со всѣми другими тѣлами, которыя изслѣдовались указаннымъ способомъ. Такимъ образомъ линіи, даваемыя слабымъ пламенемъ, становятся черными, какъ только позади его будетъ помѣщенъ сильный источникъ свѣта; пламя *поглощаетъ* тѣ лучи, которые само испускаетъ; отсюда слѣдовало, что всякій газъ даетъ темныя линіи въ спектрѣ, если позади него будетъ находиться источникъ яркаго и постояннаго свѣта.

Солнце состоитъ изъ раскаленной добѣла массы и даетъ непрерывный спектръ: лучи его, направляясь къ землѣ, проходятъ сквозь газы; характеристическіе цвѣта послѣднихъ при этомъ поглощаются; такъ и возникаютъ фраунгоферовы линіи. Это поглощеніе можетъ произойти въ двухъ мѣстахъ: или при прохожденіи лучей черезъ солнечную атмосферу, или при прохожденіи ихъ черезъ атмосферу земли. Замѣчено, что извѣстныя группы линій усиливаются вечеромъ, когда солнечный свѣтъ на пути къ землѣ долженъ пройти черезъ болѣе толстый слой атмосферы; очевидно, эти линіи являются слѣдстіемъ поглощенія свѣта въ земной атмосферѣ. На другія линіи время дня не имѣетъ вліянія; происхожденіе послѣднихъ должно быть приписано, безъ сомнѣнія, солнечной атмосферѣ.

Этимъ путемъ можно быстро и легко доказать присутсвіе въ атмосферѣ солнца извѣстныхъ веществъ, каковы натрій, магній, кальцій, желѣзо, водородъ и др.; но всякое детальное изслѣдованіе представляетъ много трудностей; прежде всего необходимо весьма точно обозначить фраунгоферовы линіи. *Кирхгофъ* и *Энгштромъ* (Angström) выполнили эту работу съ замѣчательною тщательностью: они отмѣтили большое число линій. Но скоро оказалось, что болѣе совершенные инструменты позволяютъ видѣть значительно большее количество темныхъ линій; изслѣдованіемъ ихъ занялся англійскій физикъ *Локіеръ* (Lokyer). Въ настоящее время фотографія оказала важныя услуги спектроскопическимъ изслѣдованіямъ и расширила значеніе послѣднихъ.

Теперь извѣстно, что въ составъ солнца входитъ болѣе половины земныхъ элементовъ*). Замѣчательно, что на солнцѣ доказано присутствіе малаго числа не метталическихъ тѣлъ, — только водорода, углеродаи кремнія. Совсѣмъ ли отсутствуютъ остальные, или только наблюдать ихъ очень трудно, — вопросъ, который рѣшится въ будущемъ. Наоборотъ, присутствіе металловъ и особенно тѣхъ, которые обладаютъ большимъ атомнымъ вѣсомъ, доказано съ несомнѣнностью.

---

*) Современное состояніе нашихъ знаній о присутствіи на солнцѣ земныхъ элементовъ Роулэндъ (Rowland) представляетъ въ слѣдующемъ видѣ:

Точно доказано на солнцѣ присутствіе желѣза (больше 2000 линій), никкеля, титана, марганца, хрома, кобальта, углерода (200 линій), ванадія, цирконія, церія, кальція (75 линій), скандія, неодимія, лантана, иттрія, ніобія, молибдена, палладія, магнія, (20), натрія (11), кремнія, стронція, барія, аллюминія (4), кадмія, родія, эрбія, цинка, мѣди (2), серебра (2), бериллія (2), германія, олова, свинца, калія и водорода.

Подлежитъ сомнѣнію присутствіе на солнцѣ иридія, осмія, платины, рутенія, тантала, торія, вальфрама, урана.

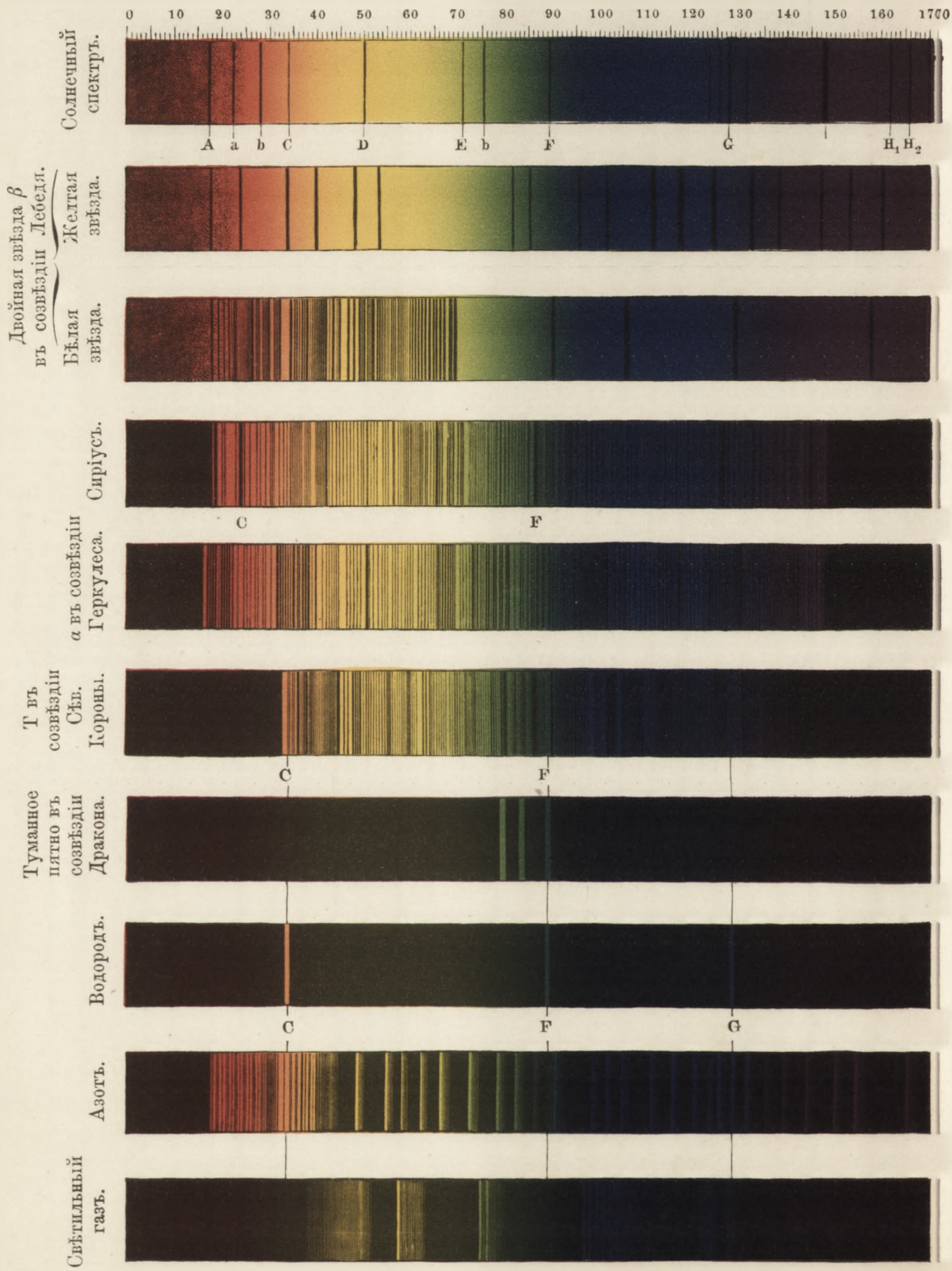
Вовсе не доказано присутствія сурьмы, мышьяка, висмута, кислорода, цезія, золота, индія, ртути, фосфора, рубидія, селена, сѣры, таллія, празеодимія.

До сихъ поръ не найдены: бромъ, хлоръ, іодъ, фторъ, кислородъ, теллуръ, галлій, тулій, тербій и др.

Цифры около названій элементовъ показываютъ число точно наблюдавшихся въ спектрѣ линій.

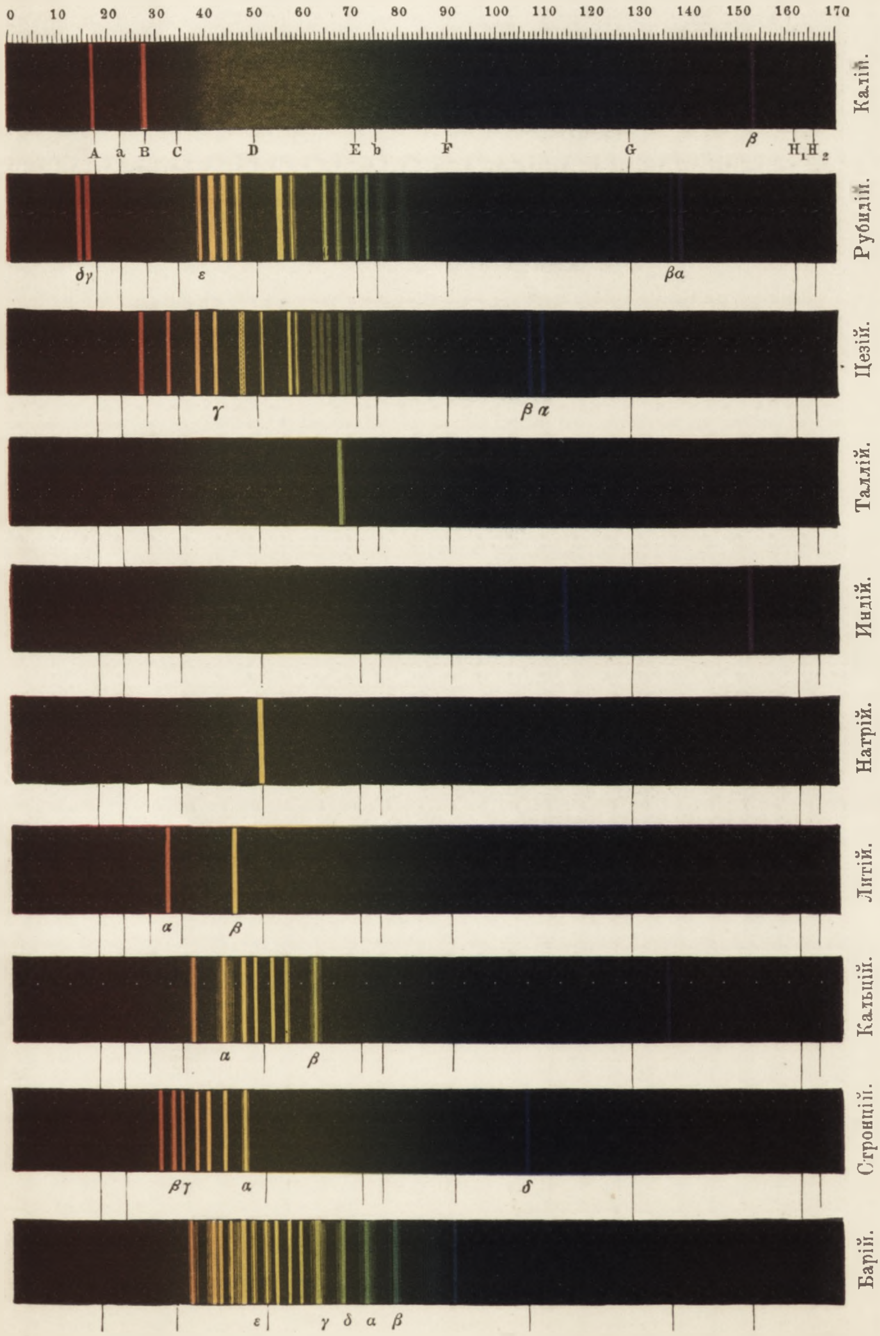
Спектры неподвижныхъ звѣздъ и туманныхъ пятенъ

въ сравненіи съ солнечнымъ спектромъ и со спектрами нѣкоторыхъ газовъ.



Спектры щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ

(по Бунзену и Кирхгофу).



Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Съ другой стороны, наблюдается значительное число такихъ фраунгоферовыхъ линій, которыя до сихъ поръ не были замѣчены въ спектрахъ земныхъ тѣлъ, и среди нихъ немало сильныхъ. Отсюда слѣдуетъ, что на солнцѣ присутствуетъ большое число веществъ, не найденныхъ еще на землѣ (см. особую таблицу: „Спектральный анализъ“).

Планеты не обладаютъ собственнымъ свѣтомъ; онѣ отражаютъ только солнечные лучи. Наблюдая планеты черезъ призму, мы получаемъ спектръ солнца, но съ тѣми измѣненіями, которыя вызываетъ ихъ атмосфера; нѣкоторые лучи оказываются поглощенными, и число темныхъ линій возрастаетъ. Такимъ путемъ доказано что на Марсѣ и Венерѣ присутствуетъ атмосфера, подобная нашей. На Юпитерѣ найдена атмосфера, въ которой водяные пары играютъ очень большую роль. Кромѣ того, въ спектрѣ его наблюдались линіи, значеніе которыхъ еще не выяснено и которыя въ всякомъ случаѣ соотвѣтствуютъ элементамъ, не извѣстнымъ на землѣ; подобныя же явленія наблюдались и на Сатурнѣ. Наша луна, не имѣющая и слѣдовъ атмосферы, не измѣняетъ солнечнаго спектра.

Такимъ образомъ, спектроскопическимъ изслѣдованіямъ планетъ не помѣшалъ недостатокъ собственнаго яркаго свѣта; но еще удивительнѣе результаты, касающіеся неподвижныхъ звѣздъ. По *Секки* (Secchi) и *Фогелю*, послѣднія могутъ быть раздѣлены на три типа: къ первому принадлежатъ *бѣлыя* или голубоватыя звѣзды; сюда относится болѣе половины всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ: Сиріусъ, Вега въ созвѣздіи Лиры, Атаиръ въ созвѣздіи Орла, Регулъ въ созвѣздіи Льва, Ригель въ созвѣздіи Оріона и яркія звѣзды Большой Медвѣдицы (за исключеніемъ α) могутъ служить примѣрами этой группы. Эти звѣзды находятся въ страшно накаленномъ состояніи; находящіеся въ ихъ атмосферѣ пары металловъ обладаютъ слабою поглотительною способностью, и въ спектрѣ ихъ наблюдаются только слѣды темныхъ линій.

Ко второй группѣ *Секки* принадлежатъ *желтыя* звѣзды; онѣ однородны съ нашимъ солнцемъ. Примѣрами могутъ служить Капелла въ созвѣздіи Возницы, Поллуксъ въ созвѣздіи Близнецовъ, Альдебаранъ въ созвѣздіи Тельца α Большой Медвѣдицы, Проціонъ въ созвѣздіи Малаго Пса. Спектръ ихъ характеризуется скученностью фраунгоферовыхъ линій; эти звѣзды обладаютъ сравнительно холодной атмосферой нашего солнца: она наполнена парами металловъ. Элементы, присутствіе которыхъ доказано на желтыхъ звѣздахъ, въ общемъ сходны съ элементами солнца. Разсматриваемая группа тоже многочисленна; къ ней принадлежитъ около трети всѣхъ звѣздъ.

Относительно малочисленъ третій типъ, къ которому относятся такъ-называемыя *красныя* звѣзды. Спектръ ихъ характеризуется множествомъ фраунгоферовыхъ линій; въ такомъ числѣ онѣ не наблюдаются въ спектрахъ простыхъ тѣлъ, а только въ спектрахъ химическихъ соединеній. Смотря по тому, лежатъ ли темныя линіи въ красной части спектра, или въ голубой, Секки раздѣляетъ красныя звѣзды на двѣ подгруппы; различія послѣднихъ онъ объясняетъ составомъ ихъ атмосферы. Спектръ красныхъ звѣздъ показываетъ, что температура ихъ сравнительно низка: въ атмосферѣ ихъ существуютъ химическія соединенія; мы можемъ даже высказать нѣкоторыя сужденія объ ихъ составѣ: по крайней мѣрѣ, *Фогелю* удалось показать, что въ атмосферѣ такихъ звѣздъ присутствуютъ углеводороды.

Солнце.

Теорія Канта въ общихъ чертахъ намѣчаетъ тѣ фазы, черезъ которыя проходила земля, пока не достигла современнаго состоянія и не населилась живыми существами. Но, безъ набюденій надъ другими небесными тѣлами, мы не можемъ составить даже приблизительнаго представленія о различныхъ періодахъ ея развитія. Одни изъ міровыхъ тѣлъ развивались быстрѣе земли, другія медленнѣе; они проходятъ тѣ стадіи, которыя земля пережила или которыя ей предстоитъ пережить.

Для уясненія первоначальнаго состоянія земли могутъ служить *туманности*. Часть ихъ, при помощи сильнѣйшихъ телескоповъ, представляется въ видѣ скоп-

Рис. 109. Спиральная туманность изъ созвѣздія Оріона.

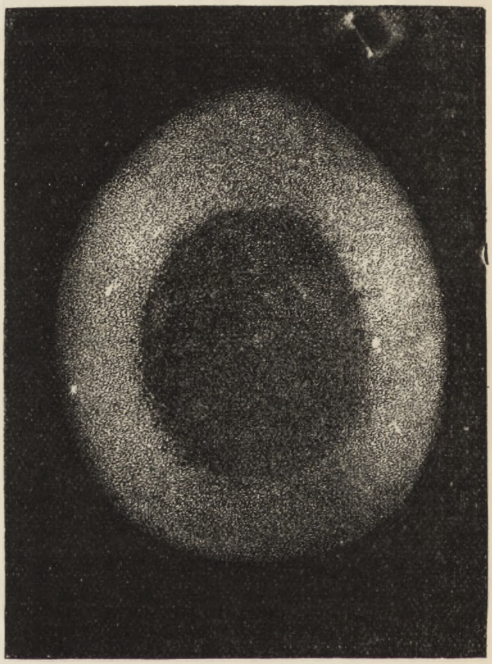


Рис. 110. Кольцевая туманность изъ созвѣздія Лиры.

ленія отдѣльныхъ звѣздъ; другія, даже при самыхъ сильныхъ увеличеніяхъ, кажутся пятнами; свѣтъ этихъ пятенъ, пропущенный черезъ призму, не даетъ непрерывнаго спектра съ темными линіями; онъ представляетъ темную полосу, и на ней отдѣльныя свѣтлыя черты: туманности состоятъ изъ *накаленныхъ газовъ*. Положеніе линій въ спектрѣ показываетъ, что въ ряду этихъ газовъ преобладающая роль принадлежитъ азоту и водороду.

Въ такомъ же состояніи находилась та масса газовъ, изъ которой выдѣлились солнце и планеты. Особенно интересны туманности, находящіяся въ быстромъ вращательномъ движеніи; таковы, напримѣръ, спиральная туманность въ Оріонѣ (см. рис. 109), туманность Андромеды, спиральный характеръ которой доказанъ фотографическими снимками, и туманность въ созвѣздіи Борзыхъ Собакъ (см. рис. 111), въ которой около свѣтлаго ядра видны туманныя спиральныя полосы; сюда же относятся такія образованія, которыя имѣютъ кольцеобразную форму и въ центрѣ кольца представляютъ иногда звѣзду (см. рис. 110). *Хольденъ,* директоръ

знаменитой Ликской обсерваторіи на горѣ Гамильтона, въ Калифорніи, сдѣлалъ замѣчательное открытіе: онъ нашелъ туманности, которыя имѣютъ улиткообразную форму. Очевидно, что туманности представляютъ газовыя массы, которыя, подъ вліяніемъ центробѣжной силы, стремятся къ такому же распаденію, какое миріады вѣковъ назадъ произошло съ нашей солнечной системой.

О дальнѣйшихъ фазахъ развитія земли мы можемъ судить по современному состоянію звѣздъ и солнца. Бѣлыя звѣзды первой группы Секки, въ спектрахъ которыхъ темныя линіи соотвѣтствуютъ линіямъ водорода и немногихъ металловъ, находятся въ первой стадіи охлажденія; далѣе ушли въ этомъ отношеніи желтыя звѣзды, къ числу которыхъ принадлежитъ и наше солнце. Надъ послѣднимъ дѣлалось весьма много наблюденій, и потому намъ необходимо познакомиться съ нимъ подробнѣе.

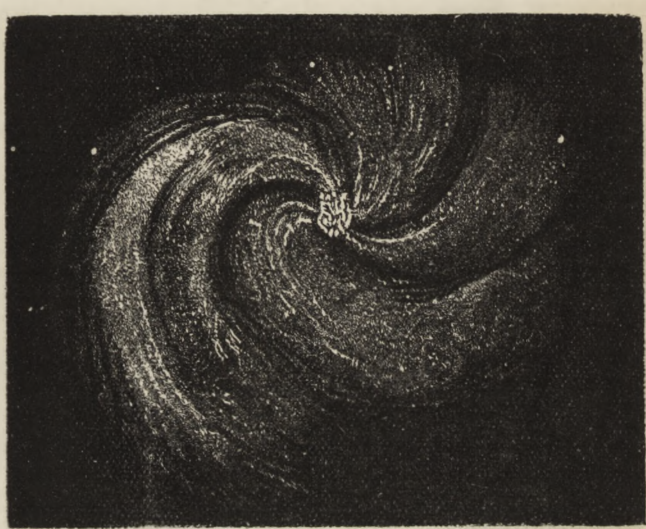


Рис. 111. Спиральная туманность изъ созвѣздія Борзыхъ собакъ.

Невооруженному глазу солнце кажется невыносимо блестящимъ свѣтлымъ кругомъ; оно всегда считалось символомъ совершенства и чистоты; этотъ взглядъ до того вкоренился во всѣ философскія системы прежнихъ временъ, что никто не сомнѣвался въ его справедливости. Но телескопъ показалъ, что кажущаяся чистота солнца просто оптическій обманъ. *Шейнеръ* въ Ингольштадтѣ, почти одновременно съ *Галилеемъ* и *Фабриціемъ* въ Виттенбергѣ и *Гарріотомъ* (Harriot) въ Англіи, открылъ существованіе солнечныхъ пятенъ; но наблюденія этихъ ученыхъ долго не были обнародованы: изслѣдователи остерегались распространять фактъ, совершенно противорѣчащій общепринятымъ взглядамъ.

Скоро, однако, сомнѣнія исчезли... Если разсматривать солнце при помощи хорошей трубы, въ которой имѣются приспособленія для защиты глаза отъ невыносимаго блеска, то тотчасъ же станетъ яснымъ, что видъ его не соотвѣтствуетъ первому впечатлѣнію: поверхность солнца покрыта какими то своеобразными зернами, напоминающими скопленіе кучевыхъ облаковъ; она не спокойна и находится въ состояніи волнообразнаго движенія; тутъ и тамъ видны свѣтлыя блестящія мѣста, такъ-называемые *свѣточи* или факелы, и рядомъ съ ними отдѣльныя темныя *пятна* (см. рис. 112).

Эти пятна кажутся намъ чрезвычайно мелкими, но стоитъ только принять въ разсчетъ страшную отдаленность солнца, и мы поймемъ, какъ громадны должны быть размѣры каждой замѣчаемой нами темной точки. Діаметръ солнца равенъ 187,000 нѣмецкихъ миль, онъ превосходитъ земной діаметръ болѣе, чѣмъ въ сто разъ; мы видимъ его подъ угломъ зрѣнія въ 32′ (немного болѣе $^1/_2$ градуса). Предметъ, находящійся на поверхности солнца и видимый въ лучшихъ приборахъ

подъ едва измѣримымъ угломъ въ 1″ достигаетъ ста миль; тѣло, величиною съ нашу землю, будетъ видно подъ угломъ въ 17″.

Наименьшія изъ пятенъ представляются въ видѣ едва замѣтныхъ черныхъ точекъ; иногда они усѣиваютъ всю поверхность солнца; ихъ называютъ порами. Настоящія же солнечныя пятна значительно больше и иногда достигаютъ колоссальныхъ размѣровъ. Такъ, напримѣръ, астрономъ *Тобіасъ Мейеръ*, 15-го марта 1758 года, наблюдалъ пятно, діаметръ котораго составлялъ двадцатую часть діаметра солнца, т.-е., достигалъ 9000 географическихъ миль и превосходилъ земной діаметръ въ 5 разъ. Еще значительнѣе было пятно, которое видѣлъ въ Дессау, 4-го сентября 1850 г., одинъ изъ неутомимыхъ наблюдателей, *Швабе*: это пятно было видимо подъ угломъ въ 5′, достигало 30,000 географическихъ миль въ діаметрѣ и занимало пространство въ 716 милліоновъ квадратныхъ миль. Такое необычайно огромное пятно, конечно, исключительное явленіе, но пятна величиною съ нашу землю довольно обыкновенны.

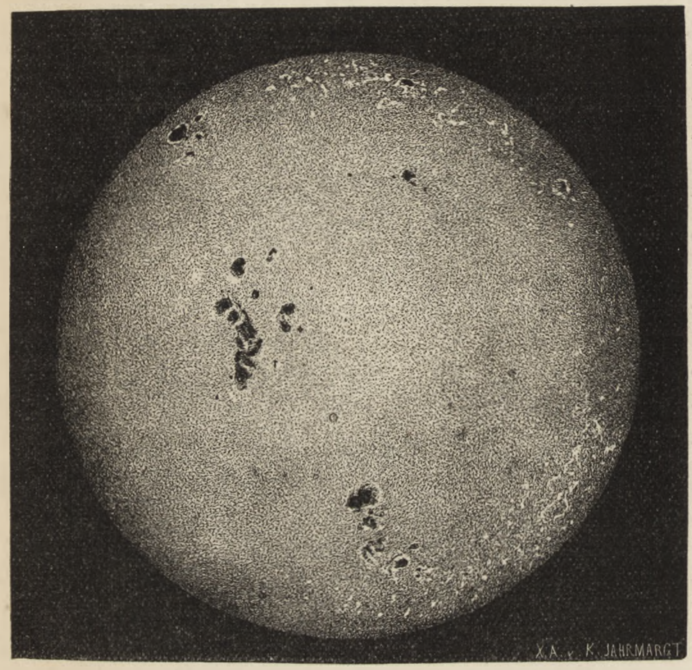


Рис. 112. Поверхность солнца съ пятнами и свѣточами (по Секки).

Форма солнечныхъ пятенъ различна; обыкновенно они имѣютъ видъ круга и состоятъ изъ темнаго ядра, окруженнаго лучеобразнымъ поясомъ, *полутѣнью или пенумброй (penumbra).* Иногда солнечныя пятна болѣе или менѣе вытянуты, а иногда и совсѣмъ неправильны; часто пятна имѣютъ форму спирали, иногда группируются по нѣсколько вмѣстѣ; словомъ, въ формѣ пятенъ господствуетъ большое разнообразіе (см. рис. 113—115); одно и то же пятно въ относительно короткое время испытываетъ цѣлый рядъ измѣненій: оно увеличивается или уменьшается, перетягивается такъ-называемыми „мостами“, участками свѣтлаго вещества, проходящими черезъ его ядро и, наконецъ, совсѣмъ исчезаетъ; въ другихъ мѣстахъ появляются новыя пятна. Процессъ новообразованія послѣднихъ можно наблюдать очень часто; уже за нѣсколько дней онъ можетъ быть предсказанъ впередъ: свѣтлая поверхность солнца начинаетъ двигаться, появляется множество факеловъ и поръ; послѣднія колеблются то въ ту, то въ другую сторону, наконецъ, одно изъ нихъ начинаетъ увеличиваться и превращается въ настоящее пятно, около котораго постепенно появляется полутѣнь. Не всегда этотъ процессъ такъ простъ и спокоенъ; иногда онъ сопровождается бурными изверженіями накаленныхъ газовъ, вырывающихся извнутри солнца.

Число и величина одновременно появляющихся пятенъ весьма различны. Иногда они очень немногочисленны и невелики; потому-то старымъ наблюдателямъ, въ рукахъ которыхъ были лишь слабые приборы, казалось, что на солнцѣ въ теченіе цѣлыхъ мѣсяцевъ и лѣтъ не существуетъ пятенъ. Съ усовершенствованіемъ телескоповъ взглядъ этотъ оказался неправильнымъ. Тѣмъ не менѣе наблюдаются рѣзкія противоположности; иногда пятна выражены очень слабо, иногда обладаютъ огромными размѣрами и выступаютъ въ большомъ числѣ. Многолѣтнія наблюденія надъ этими явленіями позволили подмѣтить законы, которымъ они подчиняются: черезъ каждые одинадцать лѣтъ наступаетъ максимумъ, и за нимъ слѣдуетъ мини-

Рис. 113. Солнечныя пятна (по Секки).

мумъ. Періоды появленія солнечныхъ пятенъ совпадаютъ съ явленіями земного магнетизма и съ сѣверными сіяніями.

Каждое пятно уменьшаетъ поверхность солнца, испускающую свѣтъ и тепло; на небольшой ея части, гдѣ пятно появляется, это уменьшеніе значительно. Мы знаемъ цѣлый рядъ звѣздъ, сила свѣта которыхъ подвержена значительнымъ колебаніямъ; очевидно, что и солнце принадлежитъ къ этой группѣ; впрочемъ, ослабленіе яркости его не особенно велико: поверхность, занимаемая пятнами въ періодъ ихъ максимальнаго развитія, составляетъ, обыкновенно, только $^1/_{500}$ часть поверхности. Несомнѣнно, что количество тепла и свѣта, посылаемаго солнцемъ на землю, зависитъ отъ числа пятенъ; но, кажется, измѣненія его такъ ничтожны, что не могутъ быть наблюдаемы и измѣрены.

Несмотря на неправильность появленія отдѣльныхъ пятенъ, подмѣчена строгая законность въ общемъ распредѣленіи ихъ по времени; то же слѣдуетъ сказать и относительно пространственнаго ихъ расположенія на поверхности солнца. Замѣчено, что вблизи полюсовъ солнца вовсе не появляется пятенъ. Дальше 30° ши-

роты и около экватора они наблюдаются рѣдко. Такимъ образомъ, поясами наибольшаго распространенія пятенъ служатъ части солнечной поверхности, расположенныя между 10^0 и 30^0 сѣверной и южной широтъ. Эти два пояса называютъ „царственными зонами“.

Наблюдая одно и то же солнечное пятно въ теченіе нѣсколькихъ дней, можно подмѣтить, что оно *измѣняетъ мѣсто*: появившись на восточномъ краю солнечнаго диска, пятно постепенно передвигается къ западу и на западномъ краю исчезаетъ (см. рис. 116). Пятна обладаютъ и собственнымъ движеніемъ, но послѣднее относительно невелико. То правильное перемѣщеніе, о которомъ мы сейчасъ говорили,—явленіе кажущееся; пятно не измѣняетъ, сколько-нибудь значительно, своего мѣста: само солнце движется около своей оси въ направленіи отъ востока къ за-

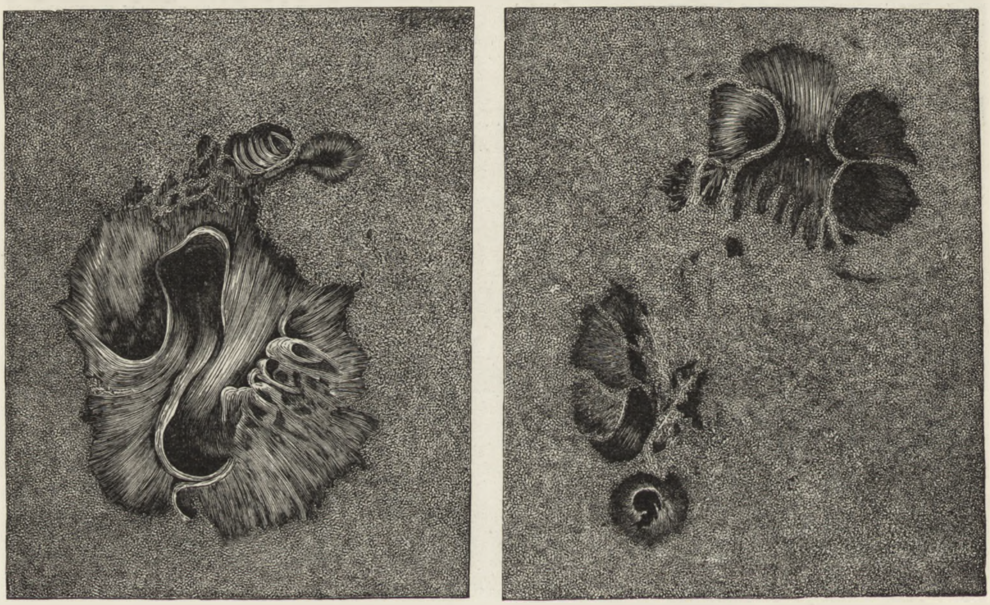


Рис. 114—115. Солнечныя пятна (по Секки).

паду, и въ этомъ движеніи принимаютъ участіе пятна; по ихъ перемѣщенію оказалось возможнымъ вычислить время обращенія солнца около оси; оно равняется 25,38 днямъ. По истеченіи половины этого времени каждое пятно должно періодически исчезать на западномъ краю диска и опять появляться на восточномъ. На самомъ дѣлѣ такой правильности не наблюдается: пятно въ теченіе того времени, когда оно бываетъ отъ насъ скрыто, часто совсѣмъ исчезаетъ или настолько измѣняетъ свою форму, что мы потомъ не узнаемъ его. Тѣмъ не менѣе удавалось наблюдать повторное появленіе пятенъ, хотя и очень рѣдко. Нѣкоторыя изъ нихъ можно было прослѣдить въ теченіи 6—8, а одно даже въ теченіи 18—22 оборотовъ солнца, т.-е. въ теченіи $1^1/_2$ лѣтъ.

Форма пятенъ бываетъ различна въ зависимости отъ того, гдѣ мы ихъ видимъ—на краю, или въ серединѣ диска. Какъ и слѣдуетъ по правиламъ перспективы, въ первомъ случаѣ они очень узки, съ ядромъ въ видѣ линіи, во второмъ—представляются въ своихъ настоящихъ очертаніяхъ и имѣютъ круглое ядро. Рис. 117—118 схематически изображаетъ пятна въ разныхъ положеніяхъ.

Раскаленная добѣла масса солнца носитъ названіе *фотосферы* (φῶς — свѣтъ); она отбрасываетъ на землю свѣтлые лучи, и ее только видимъ мы невооруженнымъ глазомъ. На самомъ дѣлѣ фотосфера окружена другими оболочками, невидимыми при обычныхъ условіяхъ: ихъ наблюдаютъ только при полныхъ солнечныхъ затменіяхъ, въ видѣ узкаго краснаго кольца. Спектроскопическое изслѣдованіе послѣдняго показываетъ, что верхніе слои его состоятъ изъ накаленнаго водорода и неизвѣстнаго на землѣ элемента *гелія*, характеризующагося желтою линіею спектра. Въ нижнихъ, слояхъ доказано присутствіе нѣкоторыхъ тяжелыхъ металловъ, находящихся въ парообразномъ состояніи. Эта испускающая красный свѣтъ масса газовъ достигаетъ 1000 — 1800 миль толщины. Точно пылающее огненное море, окружаетъ она все солнце и, вслѣдствіе своей окрашенности, носитъ названіе *хромосферы* (χρῶμα — цвѣтъ).

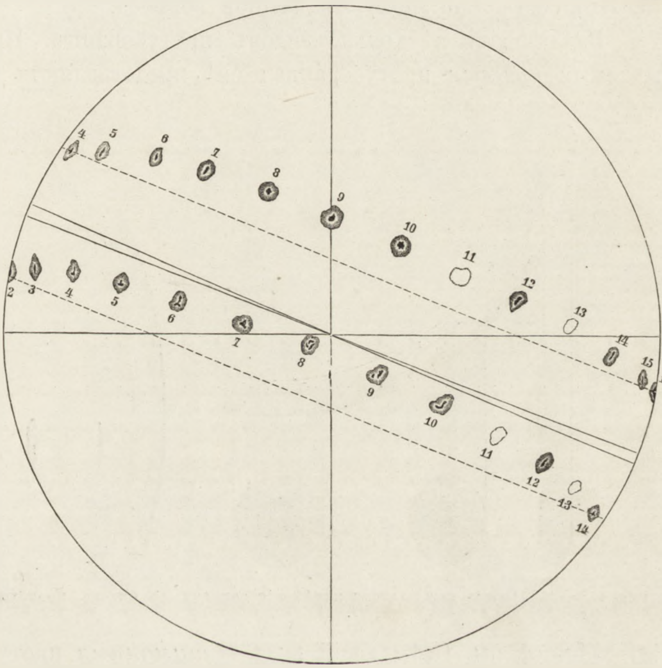


Рис. 116. Два солнечныхъ пятна въ ихъ послѣдовательномъ перемѣщеніи на солнечномъ дискѣ (по Секки).

Между фотосферой и хромосферой лежитъ очень тонкій слой газовъ. Онъ обладаетъ замѣчательными свойствами. Если во время полнаго солнечнаго затменія направить трубу спектроскопа какъ разъ на то мѣсто, гдѣ край фотосферы исчезаетъ за дискомъ надвигающейся луны, то въ моментъ наступленія полной темноты въ трубу спектроскопа попадутъ лучи, испускаемые нижнимъ слоемъ солнечной атмосферы, и дадутъ спектръ, характеризующійся множествомъ свѣтлыхъ линій. Отсюда слѣдуетъ, что разсматриваемый слой состоитъ изъ паровъ всѣхъ металловъ, существующихъ на солнцѣ. Бѣлый свѣтъ фотосферы, при обычныхъ условіяхъ, проходитъ черезъ этотъ слой; здѣсь и поглощаются лучи, соотвѣтствующіе характернымъ цвѣтамъ металловъ, и въ спектрѣ солнца возникаютъ темныя фраунгоферовы линіи. Часть солнечной атмосферы, въ которой происходитъ такое поглощеніе лучей, можно назвать *превращающимъ* слоемъ (umkehrende Schicht).

При полномъ солнечномъ затменіи можетъ быть также наблюдаема самая крайняя оболочка солнца, такъ-называемая *корона*; она представляется въ видѣ сіянія, окружающаго черный дискъ; у самаго края послѣдняго корона наиболѣе ярка; она постепенно блѣднѣетъ и исчезаетъ на фонѣ неба (см. рис. 119). Корона простирается вверхъ на разстоянія, превосходящія во много разъ величину солнечнаго радіуса. Въ спектрѣ ея, наряду съ характерными линіями водорода, замѣчается одна зеленая черта, соотвѣтствующая неизвѣстному на землѣ элементу. Онъ названъ

короніемъ. На основаніи различныхъ соображеній принимаютъ, что это — газъ, еще болѣе легкій, чѣмъ водородъ.

Особенно важны процессы, происходящіе на верхней поверхности хромосферы. Во время полнаго солнечнаго затменія, 8 Іюня 1842 года, на краю чернаго диска были замѣчены красные выступы, названные *протуберанцами*. Они наблюдались и раньше, но не возбуждали большого вниманія; теперь случилось наоборотъ, и слѣдующія полныя затменія ожидались уже съ напряженнымъ нетерпѣніемъ; изслѣдованія этихъ замѣчательныхъ явленій дали весьма важные результаты. Въ послѣднее время удалось наблюдать хромосферу и протуберанцы, не дожидаясь затменій. Это составило эпоху въ исторіи вопроса.

Различаютъ нѣсколько видовъ протуберанцъ. Простѣйшая форма — такъ-называемыя *кучевыя* протуберанцы: онѣ представляютъ блестящія уплотненія (скучe-

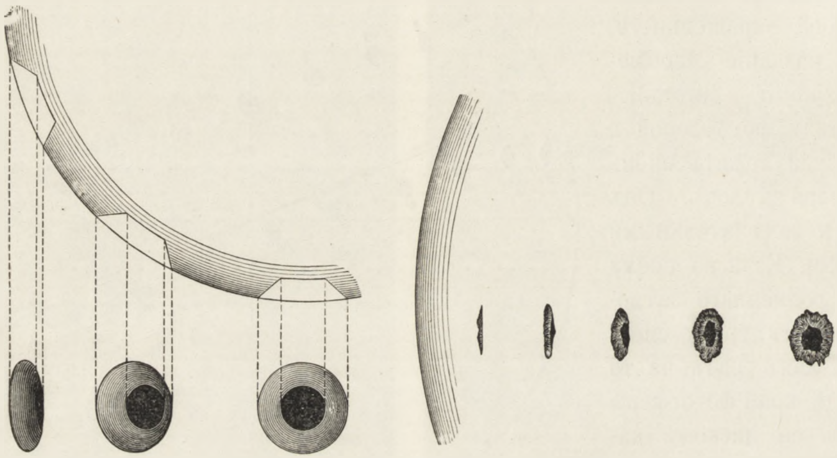


Рис. 117 — 118. Схема кажущагося измѣненія солнечныхъ пятенъ, происходящаго вслѣдствіе вращенія солнца.

нія) хромосферы. Слѣдующій видъ — *туманныя* протуберанцы, похожія нѣсколько на наши облака; процессъ ихъ образованія заключается въ слѣдующемъ: изъ хромосферы выдвигаются одинъ или два огненныхъ столба и, поднявшись на высоту около 16,000 географическихъ миль, разсыпаются въ туманоподобныя массы. Третій видъ — такъ-называемыя металлическія или *лучевыя протуберанцы*; онѣ стремительно поднимаются съ поверхности солнца, взлетаютъ въ перпендикулярномъ или наклонномъ направленіи, разсыпаются снопами или падаютъ внизъ въ видѣ ракетъ. Время, въ теченіе котораго совершаются всѣ эти быстрыя измѣненія, чрезвычайно коротко; протуберанцы могутъ быть сравнены съ сильными земными вулканическими изверженіями; вѣроятно, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ накаленными газами, вырывающимися съ поверхности солнца; самые страшные вулканическіе процессы, наблюдаемые на землѣ, ничтожны въ сравненіи съ этими явленіями (см. особую таблицу; „Солнечныя протуберанцы“).

Спектроскопъ позволяетъ намъ опредѣлить составъ протуберанцъ: туманныя протуберанцы состоятъ изъ накаленнаго водорода и гелія, т.-е. изъ элементовъ, образующихъ верхнюю часть хромосферы. Металлическія или лучевыя протуберанцы наряду съ водородомъ и геліемъ содержатъ еще натрій, магній, барій, титанъ и желѣзо, т.-е. тѣ металлы, которые входятъ въ составъ болѣе глубокихъ слоевъ

Протуберанца, наблюдавшаяся Винлокомъ 29 апрѣля 1872 года.

Протуберанца, наблюдавшаяся Винлокомъ 15 апрѣля 1872 года.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 000 *анг. миль.*

СОЛНЕЧНЫЯ ПРОТУБЕРАНЦЫ (изверженія).

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

хромосферы. Поэтому туманныя протуберанцы возникаютъ въ томъ случаѣ, когда выбрасываются раскаленныя массы газовъ изъ верхней части хромосферы, металлическія же въ томъ случаѣ, когда происходитъ изверженіе изъ глубокихъ слоевъ послѣдней.

Появленіе протуберанцъ не ограничено какой-нибудь опредѣленной поверхностью солнца: онѣ наблюдаются всюду, — и у полюсовъ, и у экватора, — хотя и не одинаково часто. Какъ въ сѣверномъ, такъ и въ южномъ полушаріи солнца находятся по два пояса, характеризующихся наиболѣе частымъ появленіемъ протуберанцъ. Два изъ нихъ расположены недалеко отъ экватора и совпадаютъ съ такъ называемыми „царственными зонами", въ которыхъ наблюдается наибольшее число солнечныхъ пятенъ; два другихъ лежатъ недалеко отъ полюсовъ, между 70 и 80 градусами широты. Такимъ образомъ мы видимъ, что существуетъ извѣстная связь между солнечными пятнами и протуберанцами; области максимальной напряженности послѣднихъ совпадаютъ съ зонами наибольшаго распространенія пятенъ. Точно также свѣточи (или факелы) располагаются, главнымъ образомъ, около пятенъ (см. рис. 120). Такое совмѣстное существованіе этихъ явленій даетъ право допустить причинную зависимость между ними: надо полагать, что это обстоятельство въ связи съ данными спектральнаго анализа поможетъ объяснить физическія свойства солнца.

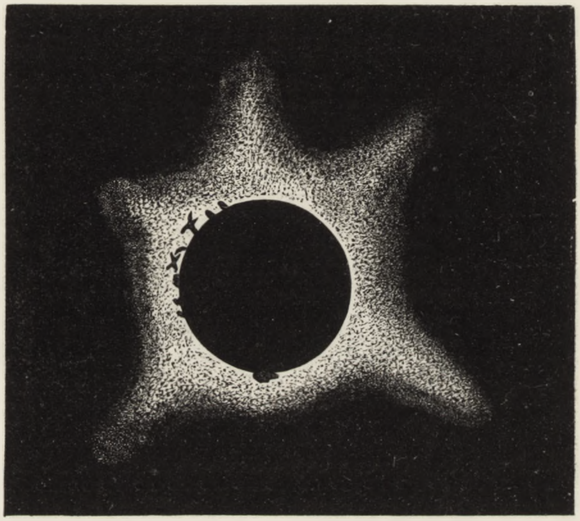


Рис. 119. Солнце при полномъ солнечномъ затменіи съ протуберанцами и короной (по Секки).

Но въ настоящее время представленія наши о *физическихъ свойствахъ* солнца крайне противорѣчивы. На основаніи своихъ замѣчательныхъ работъ, *Кирхгофъ* предполагаетъ, что солнечное ядро находится въ жидкомъ или твердомъ состояніи. Не трудно доказать, что существованіе твердаго солнечнаго ядра мало вѣроятно. Гораздо труднѣе рѣшить, находится ли солнце въ жидкомъ состояніи, какъ это думаетъ *Цёллнеръ*, или въ газообразномъ, какъ это допускаетъ *Секки*. Главною опорой взглядовъ *Цёллнера* служатъ изверженныя протуберанцы; для объясненія такихъ стремительныхъ взрывовъ необходимо допустить, что солнечная поверхность находится въ извѣстномъ напряженіи: послѣднее обусловливается, по Цёллнеру, существованіемъ жидкако слоя, окружающаго газообразное ядро. Солнечныя же пятна этотъ изслѣдователь разсматриваетъ, какъ застывшія массы шлаковъ, плавающія на раскаленномъ солнечномъ морѣ. Производя извѣстное давленіе внизъ, они и вызываютъ появленіе протуберанцъ, обыкновенно наблюдаемыхъ вокругъ пятенъ.

Секки, полагая, что солнце находится въ газообразномъ состояніи, опирается, главнымъ образомъ, на ничтожную плотность и чрезвычайно высокую температуру его. По вычисленіямъ астрономовъ, плотность солнца немного превосходитъ плот-

ность воды. Съ другой стороны, спектральный анализъ показываетъ, что солнце состоитъ преимущественно изъ желѣза и другихъ тяжелыхъ металловъ; поэтому, если бы оно находилось въ жидкомъ состояніи, то должно было бы обладать большимъ удѣльнымъ вѣсомъ. Этому соображенію, на первый взглядъ, противорѣчитъ существованіе сильнаго давленія внутри солнца; повидимому, на извѣстномъ разстояніи отъ поверхности оно должно сгустить всякій газъ въ жидкость. Но давленію противудѣйствуетъ необычайно высокая температура. Лабораторныя изслѣдованія, впервые произведенныя *Наттереромъ*, показали, что при достаточно высокомъ давленіи всѣ газы переходятъ въ жидкое и твердое состояніе, но только въ томъ случаѣ, если температура не переступаетъ извѣстной границы; при очень высокихъ температурахъ даже самыя сильныя давленія не производятъ сжиженія газовъ. Предѣлъ, выше котораго невозможно существованіе жидкости, — называется критической температурой. Для различныхъ газовъ эта величина различна; для углекислоты она равна 31° Ц. По предположенію Секки, жаръ, господствующій на солнцѣ, переходитъ за предѣлы всѣхъ критическихъ температуръ, и потому, несмотря на чрезвычайно высокое давленіе, ни газы, ни пары металловъ не могутъ перейти въ жидкости. Конечно, газы, находящіеся въ такихъ исключительныхъ условіяхъ, т.-е. при весьма высокой температурѣ и подъ очень сильнымъ давленіемъ, будутъ сильно сгущены, и считать ихъ газами можно не безъ оговорокъ. Во всякомъ случаѣ, они превратятся въ чрезвычайно густую и упругую массу, и достаточно ничтожныхъ измѣненій давленія и температуры, чтобы произошли бурныя возмущенія въ верхней оболочкѣ такой массы. Этими возмущеніями, какъ думаетъ Секки, и объясняются протуберанцы, пятна и свѣточи (факелы).

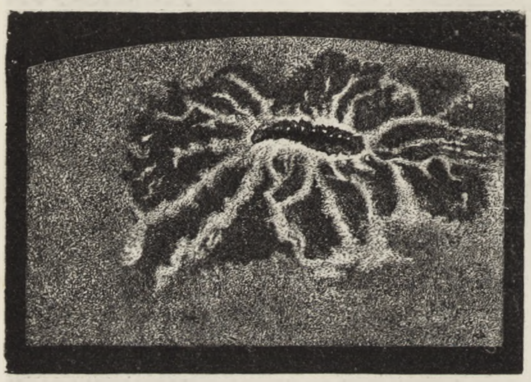


Рис. 120. Солнечное пятно, окруженное свѣточами (по Секки).

Въ настоящее время почти всѣ принимаютъ, что солнце находится въ газообразномъ состояніи; однако, этотъ взглядъ не можетъ объяснить съ достаточною полнотою всѣхъ явленій, происходящихъ на солнцѣ. Концентрація солнечныхъ пятенъ въ „царственныхъ зонахъ“ и ихъ періодичность являются фактами, о которыхъ мы не можемъ высказать никакого сужденія. Точно также и самая послѣдняя гипотеза, принадлежащая *А. Шмидту* и разсматривающая пятна и протуберанцы, просто какъ явленія преломленія свѣта, вызываемыя измѣненіемъ плотности внутреннихъ слоевъ, нисколько не объясняетъ ихъ. Въ настоящую минуту мы можемъ только сказать, что, по всѣмъ вѣроятіямъ, пятна являются слѣдствіемъ охлажденія солнца. Несмотря на свою высокую температуру, послѣднее, несомнѣнно, должно охлаждаться: въ теченіе многихъ милліоновъ лѣтъ оно теряетъ посредствомъ лучеиспусканія огромныя количества теплоты; теплота эта разливается по міровому пространству.

Мы не знаемъ температуры солнца, но можемъ опредѣлить количество теплоты, теряемой имъ; найдено, что потеря эта огромна и что при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ вся солнечная масса охлаждается ежегодно, по крайней мѣрѣ,

на 1,8 градуса; слѣдовательно, только въ историческое время температура его понизилась болѣе, чѣмъ на 10000°. Но лучеиспусканiе происходитъ въ теченiе многихъ миллiоновъ лѣтъ, и внутренность солнца охлаждается медленнѣе его внѣшнихъ слоевъ; естественно было бы ожидать уже давно появленiя на солнцѣ твердой темной коры. Очевидно, потеря какимъ то способомъ восполняется. Однимъ изъ важнѣйшихъ успѣховъ физики было открытiе источника, возвращающаго солнцу теряемую теплоту. *Гельмгольцъ* справедливо полагаетъ, что вслѣдствiе сокращенiя объема солнца освобождается огромное количество теплоты, которое на много миллiоновъ лѣтъ можетъ покрыть потери, происходящiя вслѣдствiе лучеиспусканiя. Новѣйшiя изслѣдованiя дѣйствительно показали, что температура солнца не только не понижается, но, можетъ быть, даже и возрастаетъ. Другимъ чрезвычайно важнымъ источникомъ солнечной теплоты являются метеориты, ежегодно падающiе на солнце въ большомъ количествѣ.

Но въ далекомъ будущемъ предвидится огромный притокъ тепла къ солнцу, независимо отъ указанныхъ источниковъ. Астрономы еще не доказали, что скорость движенiя планетъ уменьшается, но имѣется достаточно серьезныхъ основанiй считать такое допущенiе болѣе, чѣмъ вѣроятнымъ. Для того, чтобы объяснить распространенiе колебательныхъ движенiй свѣта и тепла, допускаютъ существованiе такъ называемаго эѳира, вещества, наполняющаго все мiровое пространство Вслѣдствiе сопротивленiя этого эѳира, движенiе небесныхъ тѣлъ должно замедляться. То же дѣйствiе производятъ и падающiя массы метеоритовъ. Вслѣдствiе этого, чрезвычайно медленно, но постепенно притягательная сила солнца должна преодолѣвать центробѣжную силу планетъ. Потому то планеты описываютъ при своемъ движенiи, въ сущности, не эллипсы, а спирали и приближаются постепенно къ солнцу; наступитъ моментъ, когда, планеты на него упадутъ. Прежде всего такая судьба постигнетъ Меркурiя, затѣмъ Венеру, далѣе землю и другiя планеты. Само собою понятно, что при паденiи этихъ мiровыхъ тѣлъ произойдетъ страшное нагрѣванiе. Каждая планета, падая на солнце, разовьетъ извѣстное количество теплоты, и только съ того момента, когда послѣдняя изъ нихъ погибнетъ, начнется охлажденiе центральнаго тѣла. Будетъ ли оно окончательнымъ, или же, растрескиваясь и сокращаясь, солнце освободитъ новыя количества теплоты, или, наконецъ, произойдетъ еще разъ сильное нагрѣванiе, вслѣдствiе столкновенiя съ какимъ-нибудь другимъ небеснымъ тѣломъ, все это вопросы, разсмотрѣнiе которыхъ слишкомъ далеко уклонило бы насъ отъ главной задачи нашей — прослѣдить исторiю земли.

Состоянiе мiровыхъ тѣлъ.

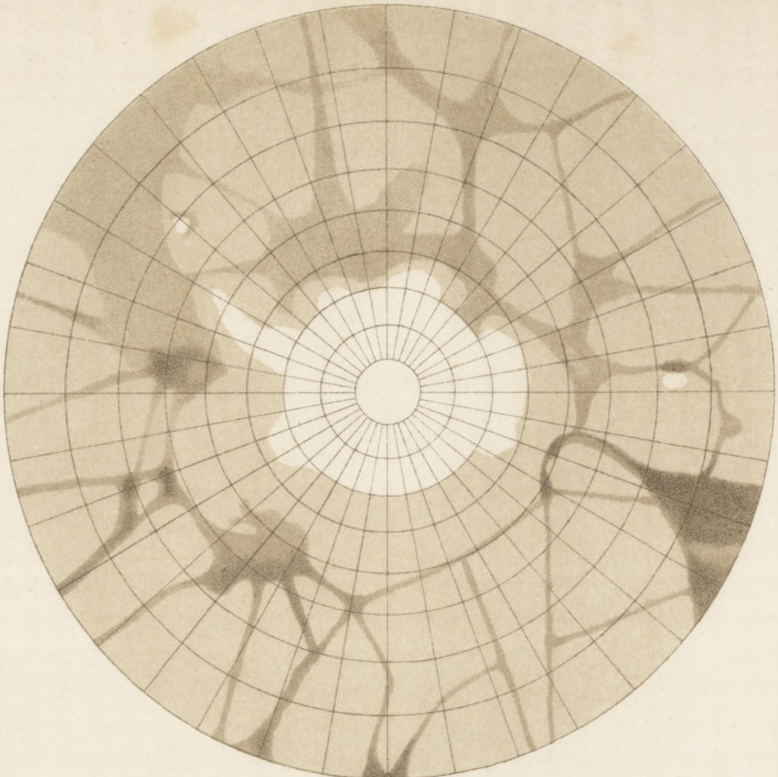
Изучая солнце, мы познакомились съ одною изъ стадiй развитiя охлаждающихся мiровыхъ тѣлъ; весьма вѣроятно, что въ томъ же состоянiи находятся и всѣ желтыя звѣзды *Секки*, къ числу которыхъ принадлежитъ и солнце. Дальнѣйшiй шагъ въ этомъ направленiи представляютъ *красныя* и, въ значительномъ большинствѣ, *перемѣнныя звѣзды*, относящiяся къ третьей и четвертой группамъ Секки. Какъ мы уже знаемъ, спектры этихъ тѣлъ характеризуются широкими темными полосами, такъ-называемыми колоннадами, и обнаруживаютъ особенности, по которымъ можно заключить о присутствiи на нихъ значительнаго числа химическихъ соединенiй. Температура бѣлыхъ и желтыхъ звѣздъ очень велика и не допускаетъ образованiя послѣднихъ; элементы тамъ существуютъ въ свободномъ состоянiи; наибо-

ротъ, процессъ охлажденія красныхъ звѣздъ зашелъ такъ далеко, что полное разложеніе вещества на нихъ невозможно. Измѣнчивость яркости этихъ звѣздъ приводитъ къ тому же выводу, т.-е. къ признанію болѣе низкой температуры: впрочемъ, колебанія ихъ блеска не всегда объясняются охлажденіемъ. На нѣкоторыхъ изъ разсматриваемыхъ звѣздъ эти измѣненія носятъ правильный періодическій характеръ; ихъ можно объяснить существованіемъ большихъ темныхъ спутниковъ, которые въ извѣстные періоды проходятъ мимо звѣздъ, закрываютъ и затемняютъ ихъ. Въ другихъ случаяхъ мы, вѣроятно, имѣемъ дѣло съ весьма сильнымъ развитіемъ пятенъ и, можетъ быть, даже съ цѣлыми отвердѣвшими материками, тутъ и тамъ выступающими среди огненнаго моря.

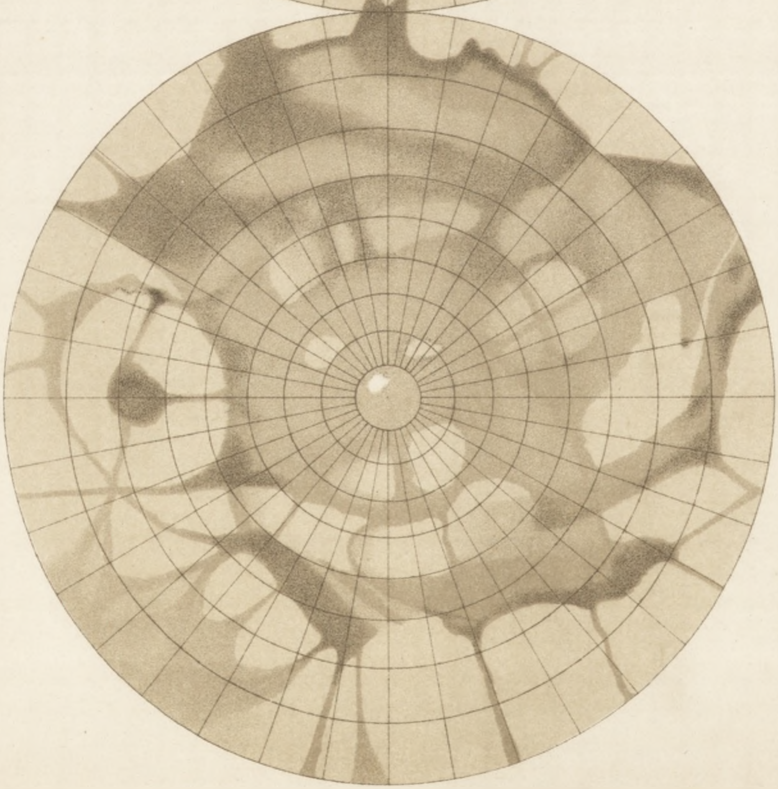
Иногда, постепенное пониженіе яркости небесныхъ тѣлъ нарушается стремительными катастрофами. Въ этомъ убѣждаетъ насъ внезапное появленіе новыхъ звѣздъ. Извѣстный примѣръ представляетъ звѣзда *Тихо де Браге*, названная такъ по имени славнаго датскаго астронома XVI столѣтія. Однажды вечеромъ, къ невыразимому своему удивленію, *Тихо де Браге* замѣтилъ близъ зенита въ созвѣздіи Кассіопеи яркую звѣзду необыкновенной величины. Это было 11-го ноября 1572 года. Звѣзда обладала сильнымъ бѣлымъ блескомъ и, повидимому, принадлежала къ числу неподвижныхъ звѣздъ, но превосходила ихъ своею яркостью; въ этомъ отношеніи она приближалась къ Венерѣ. Впрочемъ, скоро блескъ ея сталъ уменьшаться: уже въ декабрѣ того же года она сдѣлалась равной Юпитеру, а въ февралѣ и мартѣ 1573 года сравнялась съ звѣздами первой величины съ желтымъ блескомъ. Въ концѣ марта блескъ ея превратился въ красный, подобный блеску Марса; въ апрѣлѣ и маѣ она понизилась до звѣздъ второй величины, въ іюлѣ и августѣ превратилась въ звѣзду третьей величины, въ ноябрѣ и декабрѣ — въ звѣзду четвертой величины. Переходъ отъ пятой къ шестой величинѣ произошелъ въ промежутокъ отъ декабря 1573 года до февраля 1574. Послѣ этого новая звѣзда пріобрѣла бѣлый блескъ и исчезла, переставъ быть замѣтной для простого глаза. Такимъ образомъ, она проблестѣла ровно 17 мѣсяцевъ. По всей вѣроятности, она совпадаетъ съ тою изъ наблюдаемыхъ черезъ телескопъ звѣздъ десятой или одиннадцатой величины, которую *Аргеландеръ* нашелъ какъ разъ на мѣстѣ, указанномъ *Тихо де Браге*.

Подобныя явленія наблюдались неоднократно. Такъ-называемая звѣзда *Кеплера* была открыта 10-го октября 1604 года въ созвѣздіи Змѣеносца; она обладала блескомъ Венеры, но уже въ мартѣ 1606 года перестала быть видимой даже зоркому глазу. Въ ночь на 12-е мая 1866 года *Ю. Шмидтъ*, въ Аѳинахъ, и *Джонъ Бирмингэмъ*, въ Ирландіи, вдругъ замѣтили въ созвѣздіи Сѣверной короны чрезвычайно яркую звѣзду; въ ту же ночь блескъ ея уменьшился, и уже черезъ восемь дней звѣзда перестала быть видимой для невооруженнаго глаза. Точныя опредѣленія показали, что эта звѣзда уже давно была причислена *Аргеландеромъ* къ звѣздамъ девятой или десятой величины и что до сего дня она обладаетъ этою яркостью. Въ 1876 году подобный случай былъ замѣченъ *Ю. Шмидтомъ* въ созвѣздіи Лебедя. Наконецъ, въ августѣ 1885 года въ туманности Андромеды внезапно вспыхнула новая звѣзда шестой величины; уже въ 1886 году она стала звѣздой двѣнадцатой величины и постепенно исчезла совсѣмъ. Въ виду правильнаго убыванія яркости, *Зеелигеръ* предположилъ, что появленіе такихъ звѣздъ обусловливается внезапнымъ ихъ нагрѣваніемъ, которое, быть можетъ, происходитъ вслѣдствіе паденія на нихъ темнаго твердаго тѣла. Говоря объ

А.



Б.



ПОЛУШАРІЯ МАРСА.

А. Сѣверное полушаріе. Б. Южное полушаріе.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

образованiи новыхъ звѣздъ, можно имѣть въ виду указанный этимъ ученымъ процессъ.

Среди извѣстныхъ намъ неподвижныхъ звѣздъ до сихъ поръ не наблюдалось дальнѣйшихъ стадiй охлажденiя. Тѣла, обладающiя температурою болѣе низкой, чѣмъ звѣзды третьяго и четвертаго типа Секки, вѣроятно, не совсѣмъ темны, но они обладаютъ слишкомъ незначительнымъ блескомъ; черезъ неизмѣримо громадныя разстоянiя, отдѣляющiя эти звѣзды отъ насъ, свѣтъ не можетъ проникнуть... Поэтому для дальнѣйшихъ сопоставленiй мы должны обратиться къ нашей *планетной системѣ*, представители которой свѣтятъ отраженнымъ солнечнымъ свѣтомъ. Что касается четырехъ крайнихъ планетъ,—Нептуна, Урана, Сатурна и Юпитера, то послѣднее не совсѣмъ вѣрно; новѣйшiя изслѣдованiя показали, что эти планеты въ незначительной степени, кажется, обладаютъ и собственнымъ свѣтомъ; онѣ находятся въ слабо раскаленномъ состоянiи. Нельзя сколько-нибудь опредѣленно сказать, представляютъ ли онѣ газообразную, твердую или жидкую массу, но во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что ихъ плотность незначительна. Объ атмосферѣ этихъ планетъ мы уже говорили въ главѣ о спектральномъ анализѣ и еще раньше, при описанiи извѣстнаго кольца, окружающаго Сатурнъ. Вкратцѣ укажемъ здѣсь на своеобразныя полосатыя пятна, покрывающiя большую часть поверхности Юпитера. Прежде считали ихъ образованiями, подобными облакамъ, но въ послѣднее время *Барнардъ*, на основанiи многолѣтнихъ наблюденiй, пришелъ къ заключенiю, что поверхность этой планеты находится въ пластическомъ тѣстообразномъ состоянiи. Полосы должны быть приписаны измѣненiямъ цвѣта, происходящимъ вслѣдствiе внутреннихъ изверженiй. Если только эта догадка подтвердится, то Юпитеръ будетъ служить примѣромъ древняго медленно потухающаго солнца.

О многочисленныхъ *астероидахъ* можно сказать немного: на бо́льшихъ изъ нихъ, и особенно на Вестѣ, открыты слѣды атмосферы.

Громадный интересъ представляютъ наблюденiя надъ планетами, лежащими въ поясѣ астероидовъ, и особенно надъ Марсомъ. Венера и Меркурiй, орбиты которыхъ лежатъ между солнцемъ и землей, менѣе изучены. Марсъ, крайняя изъ четырехъ ближайшихъ къ солнцу планетъ, имѣетъ двухъ незначительныхъ спутниковъ. Среднее разстоянiе его отъ солнца достигаетъ 31 миллiона миль: оно немного болѣе половины средняго радiуса земной орбиты; поэтому Марсъ получаетъ отъ солнца почти вдвое больше тепла и свѣта, чѣмъ земля. Эксцентрицитетъ его орбиты сравнительно великъ: Марсъ приближается къ солнцу на 28 миллiоновъ миль и удаляется отъ него на 33 миллiона миль; дiаметръ его достигаетъ 909 миль и немного превосходитъ земной радiусъ. Его поверхность $= {}^3/_{10}$, объемъ ${}^1/_7$, масса ${}^1/_{10}$ земли. Свое обращенiе вокругъ солнца Марсъ совершаетъ въ 687 дней, а около оси въ 24 часа 37 минутъ и 24 секунды.

Изслѣдованiя Марса производились неоднократно, но особенно благопрiятны были условiя для точныхъ наблюденiй *Скiапарелли*, которыя были произведены въ 1877, 1879, 1882 и 1888 годахъ; миланскому астроному обязаны мы чрезвычайно интересными фактами, касающимися этой замѣчательной планеты (см. на особомъ листѣ: „Полушарiя Марса“).

На поверхности Марса замѣчаются двѣ составныхъ части: болѣе свѣтлая,—желтая или красная, и болѣе темная,—сѣростальная или черная; онѣ не измѣняютъ своего положенiя и очертанiя. Темныя части считаютъ материками, свѣтлыя—

морями. Распредѣленiе моря и суши на Марсѣ существенно отличаются отъ распредѣленiя ихъ на землѣ: пространство, покрытое водой, тамъ значительно меньше, чѣмъ у насъ, и едва охватываетъ половину всей поверхности; на Марсѣ нѣтъ большихъ материковъ, и вся суша состоитъ изъ ряда значительныхъ острововъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга каналами; они скучены у экватора и въ сѣверномъ полушарiи; южное полушарiе занято водой.

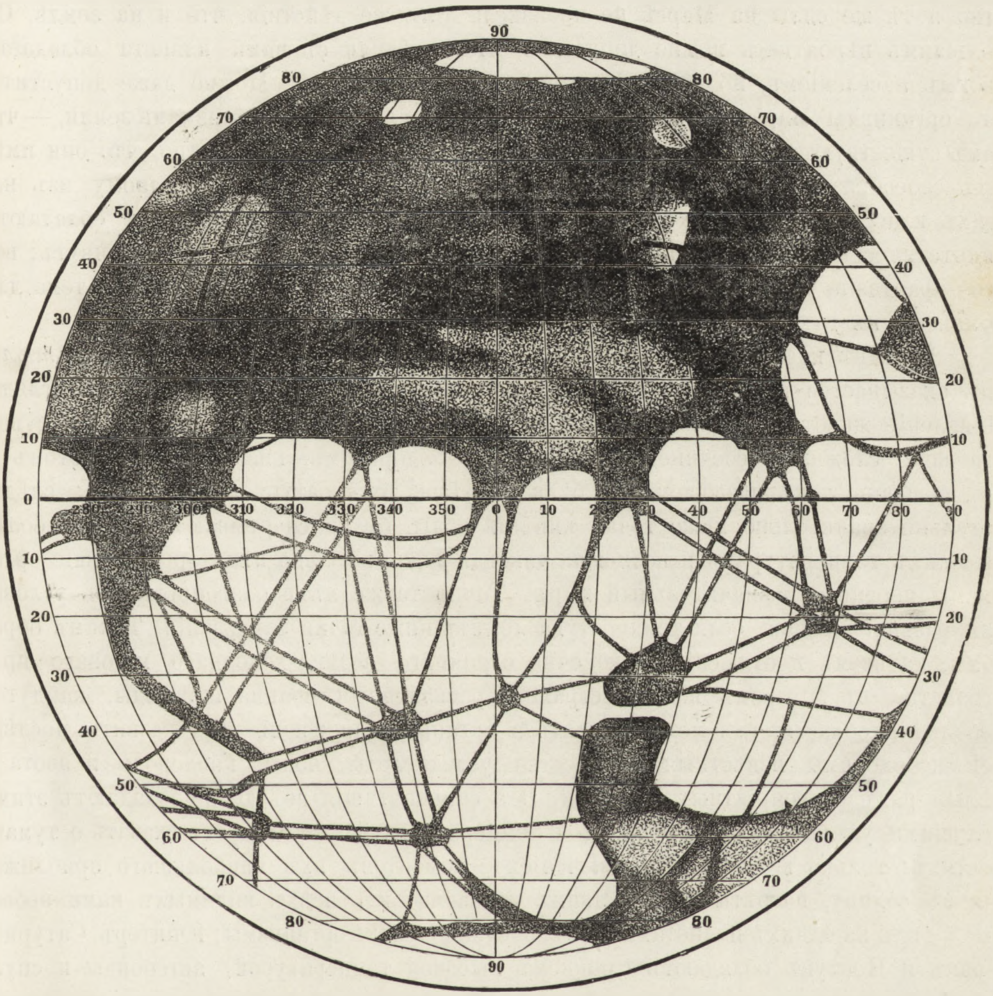
Въ теченiе одного оборота Марса около оси море испытываетъ замѣтныя измѣненiя въ цвѣтѣ. Нѣкоторыя мѣста его носятъ неопредѣленный характеръ: въ одно время они являются сушей, въ другое—моремъ; ихъ считаютъ мелями. Нѣкоторыя изъ площадей, освобождающихся изъ подъ воды, по наблюденiямъ *Пикеринга* (Pickering), быстро окрашиваются въ зеленый цвѣтъ; получается впечатлѣнiе, что здѣсь необычайно быстро развивается растительность. Но всего замѣчательнѣе упомянутые выше *каналы*; они тянутся по направленiю правильныхъ прямыхъ и занимаютъ четвертую часть пространства планеты. Ни одно изъ этихъ загадочныхъ образованiй не оканчивается слѣпо: всѣ они связаны между собою, съ моремъ и съ озерами. Иногда каналъ бываетъ въ продолженiи болѣе или менѣе короткаго времени невидимъ, иногда имѣетъ видъ широкой размытой полосы. Своебразныя измѣненiя каналовъ заключаются въ ихъ раздвоенiи: послѣднее совершается быстро,—въ нѣсколько дней, иногда въ нѣсколько часовъ. Подробности этого процесса еще неизвѣстны намъ; мы видимъ только на мѣстѣ прежней одной линiи двѣ новыхъ рядомъ (см. рис. 121). Если мы можемъ сравнить эти узкiе, длинные, вытянутые точно по шнурку, каналы съ нашими земными сооруженiями, то передъ процессами ихъ раздваиванья наша фантазiя останавливается; мы не можемъ составить никакого сколько-нибудь удовлетворительнаго представленiя о сущности и значенiи этого загадочнаго явленiя.

Кромѣ желтыхъ и сѣрыхъ участковъ, постоянно сохраняющихъ свои очертанiя, на Марсѣ замѣтны совершенно бѣлыя области, располагающiяся у полюсовъ. Онѣ измѣняютъ свои протяженiя въ зависимости отъ господствующихъ тамъ временъ года. Послѣднiя мы можемъ опредѣлить съ большою точностью, такъ какъ необходимыя для этого данныя,—положенiе экватора, оси и время обращенiя Марса, извѣстны. На сѣверномъ полушарiи господствуетъ умѣренная и короткая, а на южномъ—суровая и продолжительная зима. Такъ же, какъ и у насъ на землѣ, бѣлыя полярныя пятна Марса увеличиваются зимой и сильно уменьшаются въ теплое время года. Сѣверная полярная граница Марса располагается у самаго полюса, южная отклонена на 5,4^0 или 340 км.; 3—6 мѣсяцевъ спустя послѣ лѣтняго солнцестоянiя (самаго длиннаго дня) южный полюсъ освобождается отъ льда. Иногда снѣжныя поля удаляются больше отъ полюсовъ и доходятъ до экватора; они быстро изчезаютъ подъ дѣйствiемъ солнечныхъ лучей и, видимо, появляются въ то время, когда надъ соотвѣтствующей частью Марса стоятъ облака и туманы. Спектроскопическiя изслѣдованiя указываютъ на обильное присутствiе въ атмосферѣ Марса водяныхъ паровъ, а телескопъ—на существованiе облаковъ и тумановъ; отсюда естественно заключить, что на Марсѣ существуютъ моря и что сѣростальная часть его поверхности соотвѣтствуетъ его водоемамъ.

Наряду съ этимъ замѣчательнымъ сходствомъ, невольно бросающимся въ глаза при сравненiи Марса съ землею, замѣчаются и большiя различiя. Было уже указано, что материки Марса распадаются на цѣлый рядъ скученныхъ острововъ и что море занимаетъ относительно меньшую часть поверхности. Кромѣ того, упомя-

нутыя выше мели и измѣнчивость внѣшняго облика моря служатъ доказательствами незначительной его глубины; что же касается рельефа поверхности, то мы не находимъ тамъ и слѣдовъ тѣхъ рѣзко выступающихъ линій, которыя на землѣ соотвѣтствуютъ величайшимъ горнымъ хребтамъ. Но болѣе всего возбуждаетъ наше

Югъ.



Сѣверъ.

Рис. 121. Раздвоеніе каналовъ на Марсѣ (по Скіапарелли).

удивленіе фактъ, впервые подмѣченный *Скіапарелли* и подтвержденный астрономами Ликской обсерваторіи: оказывается, что и суша, и море испытываютъ топографическія измѣненія; послѣднія совершаются ежегодно и часто съ большою быстротой. Напрасно станемъ мы искать подобныхъ явленій на нашей планетѣ.

Заканчивая наше знакомство съ Марсомъ, мы должны остановиться еще на одномъ вопросѣ. На этой планетѣ есть и суша, и вода, и атмосфера, и климатическія измѣненія, какъ на землѣ. Но существуетъ ли тамъ органическая жизнь, зеленѣютъ ли свѣжіе лѣса и луга, обитаютъ ли животныя? Все, что было сказано выше, дѣлаетъ возможнымъ появленіе организмовъ на Марсѣ, но опредѣленнаго отвѣта на поставленные вопросы наука не можетъ дать. Невѣроятно, чтобы планета, обладаю-

щая благопріятными условіями для ея заселенія, оставалась пустынной и мертвой. Если приписывать возникновеніе живыхъ существъ непосредственному дѣйствію Творца, то трудно допустить, чтобы Онъ, создавъ міровое тѣло, годное для обитанія организмовъ, не заселилъ бы его. Если же мы станемъ объяснять появленіе организмовъ процессомъ самозарожденія, то будетъ непонятно, почему то же вещество и тѣ же силы на Марсѣ не произвели того же дѣйствія, что и на землѣ. Съ большимъ вѣроятіемъ можно допустить, что сосѣдняя съ нами планета обладаетъ своимъ населеніемъ, но доказать этого мы не въ силахъ. Можно даже допустить, что организмы Марса въ значительной степени сходны съ организмами земли,—что тамъ существуютъ и животныя, и растенія; конечно, весьма вѣроятно, что они имѣютъ своеобразную внѣшность и не могутъ быть отнесены ни къ одному изъ нашихъ классовъ. Дѣлались догадки, какими духовными особенностями обладаютъ гипотетическіе люди Марса и при какихъ соціальныхъ условіяхъ они живутъ; все это—фантазіи, недостойныя науки; въ лучшемъ случаѣ это—благодарная тема для романовъ въ духѣ Жюля Верна, и ничего больше.

Вкратцѣ коснемся здѣсь вопроса о *населенности другихъ небесныхъ тѣлъ;* онъ оказывается гораздо сложнѣе, чѣмъ это можетъ показаться съ перваго взгляда. Появленіе животной и растительной жизни на землѣ связано съ возможностью существованія сложныхъ соединеній углерода съ водородомъ, кислородомъ, азотомъ и др., особенно такъ называемыхъ бѣлковъ. При температурѣ около 70° Ц,, слѣдовательно значительно ниже точки кипѣнія воды, бѣлки свертываются. При болѣе высокихъ температурахъ невозможна никакая жизнь; только нѣкоторые низшіе организмы переносятъ значительный жаръ. Точно также нѣтъ благопріятныхъ условій для развитія жизни, если температура лежитъ ниже точки замерзанія. Такимъ образомъ, на всемъ протяженіи безконечно огромнаго ледяно-холоднаго міроваго пространства, въ которомъ висятъ страшно раскаленныя солнца и звѣзды, найдутся небольшія области, гдѣ можетъ ютиться органическая жизнь. Для развитія послѣдней необходимы извѣстныя количества углекислоты, воды, кислорода и азота и цѣлый рядъ благопріятныхъ условій. Всѣ самосвѣтящія звѣзды не обладаютъ этими условіями уже въ виду ихъ высокой температуры. То же слѣдуетъ сказать о туманностяхъ; только кометы, за исключеніемъ моментовъ ихъ наибольшаго приближенія къ солнцу, нагрѣты мало. Такимъ образомъ, изъ всѣхъ видимыхъ нами небесныхъ тѣлъ на однихъ планетахъ могутъ существовать организмы; Юпитеръ, Сатурнъ, Уранъ и Нептунъ обладаютъ слишкомъ высокой температурой; астероиды и спутники или совсѣмъ лишены атмосферы, или только имѣютъ слѣды ея; въ иныхъ случаяхъ они такъ удалены отъ солнца, что не получаютъ необходимой для развитія органической жизни теплоты. Только на Марсѣ и на Венерѣ, которая получаетъ отъ солнца почти вдвое больше теплоты, чѣмъ земля, возможно присутствіе организмовъ. Что же касается Меркурія, то только незначительныя части его поверхности представляютъ благопріятныя условія для развитія населенія.

Такимъ образомъ, среди огромнаго количества видимыхъ небесныхъ тѣлъ найдутся только двѣ или три планеты, на которыхъ можетъ существовать органическая жизнь, подобная нашей. По всему вѣроятію, большая часть неподвижныхъ звѣздъ окружена своими планетами; весьма возможно, что и среди нихъ найдутся тѣла, обладающія благопріятными условіями для появленія организмовъ. Мы до сихъ поръ предполагали, что для развитія послѣднихъ необходимо существованіе бѣлковыхъ

веществъ, но привести положительные доводы въ пользу этой мысли мы не можемъ. Съ вѣроятностью можно предположить, что при неизвѣстныхъ намъ температурныхъ условіяхъ, другіе элементы могутъ образовать соединенія, подобныя нашимъ бѣлкамъ, и что въ этихъ соединеніяхъ будутъ возможны сложные химическіе и физическіе процессы, сходные съ тѣми, которые мы наблюдаемъ въ животныхъ и растеніяхъ и называемъ „жизнью". Хотя эта догадка лежитъ въ предѣлахъ возможнаго, но мы не имѣемъ никакихъ данныхъ, чтобы дѣлать дальнѣйшіе выводы.

Луна.

Послѣднимъ членомъ въ ряду тѣхъ небесныхъ тѣлъ, съ которыми можно сравнивать землю, является *луна*. Относительно близкое сосѣдство нашего спутника дѣлаетъ возможнымъ точныя изслѣдованія его поверхности. Если мы станемъ разсматривать огромную карту луны, представляющую результаты многолѣтнихъ трудовъ *Ю. Шмидта*, въ Аѳинахъ, то увидимъ, что топографія многихъ участковъ нашихъ земныхъ континентовъ далеко не такъ точно извѣстна намъ, какъ топографія видимой стороны нашего спутника. Но для уясненія земныхъ явленій эти весьма важныя данныя имѣютъ мало значенія: свойства земли и луны настолько различны, что всякія параллели между ними не надежны.

Три явленія сообщаютъ лунѣ своеобразную физіономію: отсутствіе атмосферъ, отсутствіе воды и господство кольцевыхъ горъ вулканическаго характера. Недостатокъ воздуха и воды, доказываемый отсутствіемъ сумерокъ на лунѣ, наблюденіемъ надъ звѣздами, проходящими позади нея, и нѣкоторыми другими фактами, позволяютъ намъ сдѣлать извѣстныя заключенія о будущности земли. Луна, какъ одно изъ небольшихъ небесныхъ тѣлъ, находится въ относительно далекой стадіи развитія и, повидимому, представляетъ картину того состоянія, въ которомъ окажется впослѣдствіи и наша планета: лишенная жизни, воздуха и воды, точно окаменѣлая развалина, будетъ носиться она около солнца. Ниже мы обсудимъ, насколько вѣроятна возможность такого состоянія земли.

Рельефъ луны, съ которымъ мы можемъ познакомиться только вкратцѣ, представляетъ много любопытнаго; сравнительно съ незначительными размѣрами этой планеты, горы обладаютъ необыкновенной высотой; нѣкоторыя поднимаются болѣе, чѣмъ на 8,000 метровъ. Весьма распространены кольцевыя горы; поразительное сходство ихъ съ нашими вулканами заставляетъ предположить, что происхожденіе ихъ должно носить вулканическій характеръ. Но своеобразныя особенности луны, недостатокъ воздуха и водяныхъ паровъ, принимающихъ важное участіе въ земныхъ вулканическихъ процессахъ, заставляютъ дѣлать подобные выводы съ большою осторожностью. Предлагались и другія гипотезы о происхожденіи лунныхъ горъ, но и онѣ не могутъ объяснить всѣхъ особенностей нашего спутника.

О чрезвычайномъ сходствѣ кольцевыхъ горъ луны и земныхъ вулкановъ можно судить по рис. 122 и 123; второй представляетъ незначительную часть поверхности луны, первый—окрестности Неаполя съ Везувіемъ и Соммой, съ безчисленными кратерами Флегрейскихъ Полей, Астрони, Монте-Нуова, Сольфатара и озерами Авернскимъ и Лукринскимъ и др. Эта мѣстность изображена такъ, какъ она представилась бы наблюдателю, находящемуся на другой планетѣ, если бы земля была лишена атмосферы. Еще значительнѣе сходство кольцевыхъ лунныхъ горъ съ

широкими открытыми кратерами базальтовыхъ вулкановъ о. Гаваи на Тихомъ океанѣ.

Величина лунныхъ кратеровъ различна; отъ огромныхъ колецъ съ діаметромъ въ 12 и болѣе миль наблюдается цѣлый рядъ переходовъ къ мелкимъ вулканамъ, едва замѣтнымъ при сильныхъ увеличеніяхъ. Число кольцевыхъ горъ, видимыхъ на обращенной къ намъ сторонѣ луны, по *Ю. Шмидту*, простирается до 35,000, но, при усовершенствованіи телескоповъ, какъ думалъ этотъ замѣчательный, теперь уже умершій знатокъ луны, число ихъ возрастетъ, по крайней мѣрѣ, до 100,000.

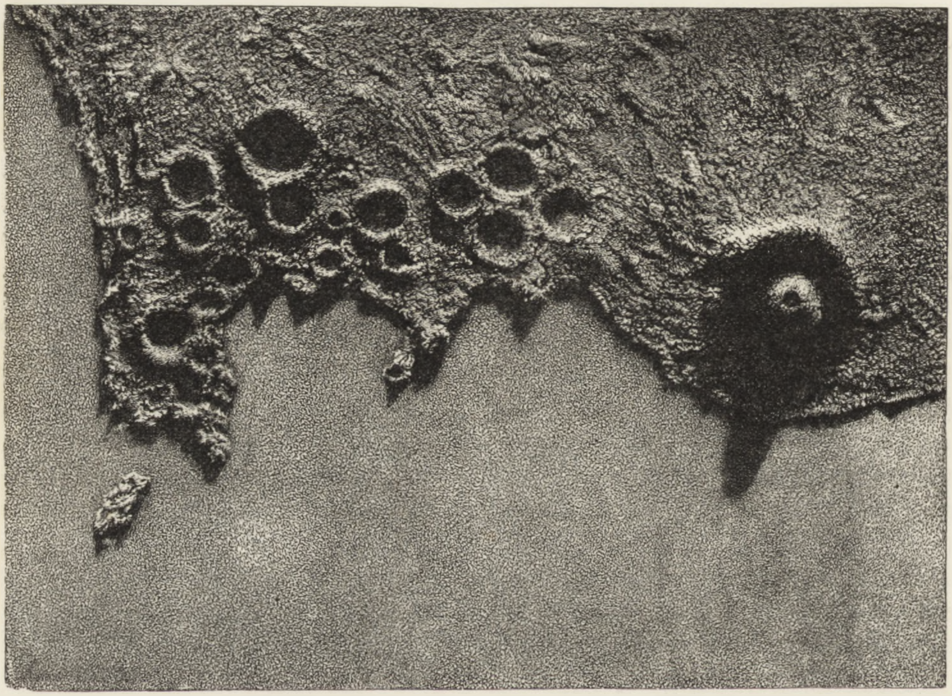


Рис. 122. Везувій и Флегрейскія поля, представленныя въ видѣ луннаго ландшафта (по Насмиту и Карпентеру).

Отъ нѣкоторыхъ горъ, какъ, напримѣръ, отъ горъ Коперника, Кеплера, Тихо де Браге, лучеобразно расходятся свѣтлыя полосы. Это не возвышенности и не низменности. Происхожденіе полосъ объясняется своеобразною способностью нѣкоторыхъ лунныхъ плоскогорій сильно отражать солнечные лучи. Образовались такія плоскогорія одновременно съ кольцевыми горами.

Ряды возвышенностей, подобныя нашимъ горнымъ цѣпямъ, наблюдаются на лунѣ въ меньшемъ числѣ; самая значительная изъ нихъ носитъ названіе Аппенинъ (рис. 124) и обладаетъ рядомъ очень высокихъ вершинъ. Наблюдаемыя на лунѣ борозды (Rillen), въ большинствѣ случаевъ прямолинейныя, достигаютъ до двадцати пяти миль въ длину и 100—400 метровъ въ глубину и, вѣроятно, соотвѣтствуютъ нашимъ трещинамъ. Другія характерныя особенности нашего спутника, такъ называемыя моря, широкія, круглыя и темныя поверхности, окруженныя валами, и свѣтлые, радіально расположенные лучи до того своеобразны, что ничего аналогичнаго имъ мы не находимъ на землѣ. Въ послѣднее время *Л. Вейнекъ* производилъ тщательное изслѣдованіе фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ астро-

номами Ликской обсерваторіи, и ему удалось подмѣтить такія подробности, которыя до сихъ поръ были неизвѣстны: между прочимъ, онъ изслѣдовалъ такъ называемыя „борозды“ (Rillen) и нашелъ въ нихъ извѣстное внѣшнее сходство съ рѣчными долинами. Надо ожидать, что дальнѣйшія изслѣдованія разъяснятъ многія свойства луны.

Прошедшее и будущее земли.

Мы познакомились съ цѣлымъ рядомъ небесныхъ тѣлъ, находящихся въ разныхъ стадіяхъ развитія, начиная съ раскаленныхъ скопленій газовъ, образующихъ

Рис. 123. Поверхность луны съ многочисленными кольцевыми горами средней и малой величины (по Насмиту и Карпентеру).

туманныя массы, и кончая охладѣвшей и лишенной атмосферы луной, которая, повидимому, достигла предѣльной стадіи своего развитія. Эта продолжительная экскурсія въ область астрономіи должна прежде всего показать намъ, насколько сходны, въ общихъ чертахъ, процессы образованія міровыхъ тѣлъ. Всюду въ безконечномъ пространствѣ, куда только проникъ глазъ человѣка, существуетъ поразительное однообразіе. Мы можемъ допустить, что и наша планета образовалась подобнымъ же способомъ, т.-е., что она находилась первоначально въ *жидкомъ расплавленномъ состояніи и что теперь внутри нея сохранился большой запасъ теплоты.* Въ разное время появлялись изслѣдователи, которые считали сомнительнымъ, какъ происхожденіе земли изъ огненно-жидкаго состоянія, такъ и присутствіе внутри нея высокихъ температуръ; они высказывали другія догадки о возникновеніи нашей планеты, но ни однообразіе, наблюдаемое во всемъ мірѣ, ни явленія, происходящія на землѣ, не подтверждаютъ ихъ. Изученіе небесныхъ тѣлъ создало проч-

ную почву для рѣшенія важнѣйшихъ геологическихъ вопросовъ, для объясненія вулкановъ, землетрясеній и процессовъ горообразованія. Кромѣ того, оно дало возможность сдѣлать извѣстные выводы о будущемъ земли. Однако, въ виду отсут-

Рис. 124. Поверхность луны съ Апеннинами и кратеромъ Архимеда (по Насмиту и Карпентеру).

ствія прочной почвы, мы не можемъ установить какой-нибудь опредѣленный взглядъ и ограничимся строгимъ разборомъ общераспространенныхъ мнѣній.

Сказаннымъ выше непосредственно выясняется прошлое земли, по крайней мѣрѣ, въ его главныхъ чертахъ. Первоначально, она́ была частью вращающейся туманной

массы, отдѣлилась при охлажденіи и сокращеніи послѣдней и стала вращаться вокругъ солнца и своей оси. Она послѣдовательно прошла стадіи бѣлыхъ и желтыхъ звѣздъ и отличалась отъ нихъ своею чрезвычайно малою величиною; на ней явились пятна, подобныя солнечнымъ; съ теченіемъ времени они увеличились, и земля вступила въ стадію красныхъ и перемѣнныхъ звѣздъ. Очень можетъ быть, что дальнѣйшее ея состояніе было подобно тому, въ которомъ находится теперь Юпитеръ: земля представляла тѣстообразную тягучую массу. Охлажденіе продолжалось, исчезли послѣдніе слѣды самостоятельнаго свѣта, и температура настолько понизилась, что вода выпала на поверхность земли въ жидкомъ состояніи. Съ этихъ поръ началось и развитіе органической жизни.

Гораздо труднѣе представить будущее земли. Большинство геологовъ и астрономовъ, занимающихся этимъ вопросомъ, полагаютъ, что гидросфера и атмосфера земли съ теченіемъ времени исчезнутъ. Это обстоятельство должно оказать извѣстное вліяніе на будущее состояніе земли. Обращаясь къ современнымъ явленіямъ, мы видимъ, что и теперь уже громадныя количества воды скрываются въ нѣдрахъ земли; трещины въ горныхъ породахъ и каменоломни переполнены влагой. Кромѣ того, многіе минералы содержатъ химически связанную воду. Такъ какъ земля продолжаетъ охлаждаться, то съ теченіемъ времени горныя породы будутъ все болѣе и болѣе поглощать воду; запасы послѣдней станутъ истощаться. На первый взглядъ, уменьшеніе воды на земной поверхности кажется ничтожнымъ, но точное вычисленіе показываетъ, что количество воды въ теченіе многихъ лѣтъ затрачивающейся на образованіе водныхъ соединеній, необычайно велико: очевидно, что тѣла, составляющія земную кору, могутъ поглотить постепенно цѣлыя моря. Но если даже исключить непрерывное образованіе водныхъ соединеній, то и тогда не хватитъ всей воды океана для того, чтобы насытить влагою массу земного шара.

То же можно сказать и о газахъ, составляющихъ атмосферу. Вслѣдствіе вывѣтриванія многихъ горныхъ породъ, образуются углекислыя соединенія,—углекислая известь, углекислый магній, углекислая соль закиси желѣза: вездѣ въ природѣ мы находимъ огромныя залежи известняка и доломита; вся углекислота, содержащаяся въ нихъ, поглощена изъ атмосферы; изъ извести строютъ свои сооруженія кораллы; изъ нея же состоятъ скелеты молюсковъ, морскихъ ежей и др. Наконецъ, громадное количество углекислоты поглощаютъ растенія; она не освобождается вполнѣ при разложеніи ихъ, но образуетъ, въ значительной своей части, торфъ, бурый уголь, каменный уголь и остается, такимъ образомъ, въ связанномъ состояніи. Кислородъ воздуха поглощается желѣзомъ и закисными соединеніями его, и въ атмосферѣ, наконецъ, останется только одинъ азотъ.

Эта гипотеза упускаетъ изъ вида чрезвычайно важный фактъ: потери, претерпѣваемыя гидросферой и атмосферой, пополняются притокомъ вещества изъ нѣдръ земли. Во всѣхъ вулканическихъ областяхъ развиваются огромныя количества водяныхъ паровъ, углекислоты и другихъ газовъ; частью они извергаются изъ кратеровъ, частью выдѣляются изъ лавовыхъ потоковъ. Въ послѣднемъ случаѣ, они вырываются часто съ такою силою, что увлекаютъ за собой куски лавы; послѣдніе при своемъ паденіи образуютъ небольшіе шлаковые конусы (см. рис. на стр. 90). Въ окрестностяхъ даже потухшихъ вулкановъ долгое время находятся такія образованія. Но, кромѣ того, во многихъ мѣстахъ земли существуютъ теплые и холодные источники, содержащіе углекислоту въ большихъ количествахъ. Примѣромъ можетъ слу-

жить источникъ, бьющій изъ буровой скважины у Нейзальцверка; онъ выдѣляетъ ежегодно около 140,000 килограммовъ углекислоты. Мы не можемъ опредѣлить количественнаго отношенія между поглощеніемъ воды и газовъ и выдѣленіемъ ихъ изъ нѣдръ земли; точно также не можемъ мы рѣшить, увеличивается или уменьшается количество свободной воды, кислорода и углекислоты; но съ большимъ вѣроятіемъ можно сказать, что все количество углекислоты, содержащееся въ атмосферѣ, было бы потреблено въ теченіе немногихъ тысячъ лѣтъ, если бы не было притока этого вещества изъ внутренности земли. Такимъ образомъ, вулканы, мофетты и минеральные источники поддерживаютъ органическую жизнь.

Является вопросъ,—всегда ли будетъ существовать на землѣ вулканическая дѣятельность. Сравнительно съ минувшими періодами, не замѣтно пониженія послѣдней и опредѣлить, когда она сведется къ нулю, мы не имѣемъ возможности. Но во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что проявленія вулканизма и образованіе горъ стоятъ въ извѣстной связи съ охлажденіемъ земной коры. Въ отдаленномъ будущемъ земная кора достигнетъ огромной толщины: вулканическая магма не прорветъ этого твердаго панцыря, и образованіе складокъ и появленіе горъ станетъ невозможнымъ. Съ этого момента, всасывающаяся вода и атмосфера не будутъ ничѣмъ замѣщаться. Разрушающіе же дѣятели,—размываніе, дождь, морозъ, текучая вода и морскія волны, постепенно сокрушая высочайшія горы, сравняютъ ихъ съ поверхностью океана.

Рис. 125. Шлаковый конусъ одного изъ лавовыхъ потоковъ Везувія (1852).

Если наблюденія астрономовъ справедливы, то для уясненія этой стадіи развитія можетъ служитъ сосѣдняя съ нами планета Марсъ. Что эта планета переживаетъ болѣе далекую стадію развитія, чѣмъ земля, несомнѣнно слѣдуетъ уже изъ того, что она меньше и значительно болѣе удалена отъ солнца. Въ настоящее время доказано присутствіе на Марсѣ болѣе разрѣженной атмосферы, чѣмъ наша; количество воды на этой планетѣ относительно меньше, чѣмъ на землѣ; материки представляютъ гладкія равнины, рѣзко выраженныхъ горъ нѣтъ. Отсюда естественно предположить, что Марсъ находится въ той стадіи развитія, въ которую вступитъ земля въ далекомъ будущемъ.

Не слѣдуетъ забывать, что строить догадки о будущемъ земли мы должны съ большою осторожностью: поверхность Марса представляетъ для насъ много неяснаго, и дѣло дальнѣйшихъ изслѣдованій—объяснить наши недоразумѣнія. Но, независимо отъ этого, мы можемъ впасть въ большія ошибки, если допустимъ, что съ самаго начала условія развитія Марса и земли были одинаковы. Можетъ быть, на Марсѣ въ моментъ его образованія было меньше воды, и атмосфера была болѣе разрѣжена. Стоитъ только сравнить въ этомъ отношеніи нашу луну съ самыми значительными изъ астероидовъ. По *Фогелю*, послѣдніе имѣютъ атмосферу, а луна лишена ея. Такъ какъ самый большой изъ астероидовъ Веста обладаетъ діаметромъ только въ 50 географическихъ миль, то можно было бы ожидать, что онъ потеряетъ свою атмосферу значительно раньше, чѣмъ луна, превосходящая его своими размѣрами въ 9 разъ. Но этого не случилось. Остается предположить, что между от-

дѣльными членами планетной системы съ самаго начала существовало глубокое различіе: количества находящейся на нихъ воды и атмосферныхъ газовъ были не одинаковы.

Пройдя тотъ періодъ развитія, который переживаетъ теперь Марсъ, земля станетъ клониться къ полному умиранію. Какъ обыкновенно думаютъ, для характеристики этой послѣдней стадіи можетъ служить современное состояніе луны. Намъ кажется такое сравненіе ненадежнымъ. Правда, луна является примѣромъ застывшаго, лишеннаго жизни міроваго тѣла, но она обладаетъ такимъ множествомъ своеобразныхъ особенностей и такъ рѣзко отличается отъ земли, что едва ли возможны какія-нибудь параллели. Высказывалась, между прочимъ, мысль, что луна можетъ служить не для характеристики будущаго земли, а для объясненій первыхъ моментовъ развитія земной коры. Такъ какъ мы ничего не знаемъ объ этомъ періодѣ, то всякое уясненіе, хотя бы и путемъ аналогій, чрезвычайно важно. Но, къ сожалѣнію, и этой идеей нельзя воспользоваться. Первые процессы застыванія у двухъ такихъ различныхъ тѣлъ, какъ земля и луна, не могли быть одинаковы уже по тому одному, что магма земли богата поглощенными газами и парами, а магма луны чрезвычайно бѣдна ими. Поэтому дѣлать какія-либо заключенія о землѣ по явленіямъ, наблюдаемымъ на лунѣ, можно только съ большою осторожностью.

Какая судьба ожидаетъ организмы, населяющіе землю? Вымрутъ ли они въ далекомъ будущемъ вслѣдствіе недостатка воды, кислорода и углекислоты? Будетъ ли причиною общаго уничтоженія ихъ холодъ, который наступитъ вслѣдствіе потери солнцемъ его теплоты? Ни на одинъ изъ этихъ вопросовъ мы не можемъ отвѣтить сколько нибудь опредѣленно. Неизвѣстно также, что произойдетъ раньше, охладится ли солнце до такой степени, что жизнь на землѣ сдѣлается невозможной, или же Меркурій упадетъ на него и снова его накалитъ. Можетъ быть, жизнь на землѣ погибнетъ вслѣдствіе страшнаго жара, который наступитъ только послѣ паденія Венеры на солнце, а, можетъ быть, она исчезнетъ значительно раньше.

Мы говорили такъ подробно о возможномъ будущемъ земли вовсе не изъ желанія вращаться въ области безплодныхъ догадокъ: мы хотѣли показать, что нашихъ знаній еще недостаточно для созиданія какихъ-либо опредѣленныхъ гипотезъ. Знаемъ мы только одно, что органическая жизнь будетъ существовать на землѣ не вѣчно и что уничтоженіе ея произойдетъ въ отдаленномъ будущемъ.

Метеориты.

Планеты и неподвижныя звѣзды изслѣдуются при помощи телескопа. Наоборотъ, метеориты *), низвергающіеся на землю изъ мірового пространства, могутъ быть непосредственно изслѣдованы, какъ со стороны химическаго состава, такъ и со стороны физическихъ свойствъ; химическій анализъ и микроскопическое изслѣдованіе тончайшихъ шлифовъ позволяетъ сравнить метеориты съ минералами и горными породами земли и сдѣлать цѣлый рядъ важныхъ заключеній по тѣмъ сложнымъ вопросамъ, которые теперь насъ занимаютъ.

---

*) Предположеніе, что метеориты образуются въ атмосферѣ, заставило назвать ихъ *аэролитами*. Теперь это названіе почти повсемѣстно замѣнено другимъ—*метеориты* (μετέωρα — явленія на высотѣ). Послѣднее мы исключительно и употребляемъ. *Прим. перев.*

Явленія, сопровождающія паденіе метеоритовъ, наблюдались часто, но ученые рѣдко были свидѣтелями ихъ. Съ другой стороны, кратковременность и быстрота паденія затрудняетъ наблюденіе, и разгоряченная фантазія нерѣдко обставляетъ его самыми необыкновенными явленіями; поэтому въ отдѣльныхъ случаяхъ весьма затруднительно установить, какъ было дѣло, но обыкновенно паденіе метеоритовъ протекаетъ слѣдующимъ образомъ: на небѣ появляется огненный шаръ, видимый сравнительно на большомъ протяженіи, за этимъ шаромъ тянется свѣтлый прозрачный хвостъ; вблизи того мѣста, гдѣ происходитъ паденіе, часто не наблюдается свѣтовыхъ явленій, такъ какъ этому препятствуетъ облачко, окружающее метеоритъ. Передъ паденіемъ раздается сильный шумъ; за нимъ слѣдуютъ продолжительные раскаты и слабые удары; метеоритъ лопается, и на землю падаетъ одинъ или нѣсколько камней; иногда они бываютъ сильно накалены, иногда замѣтнаго нагрѣванія не наблюдается; нѣкоторые метеориты глубоко внѣдряются въ почву, другіе ложатся на поверхности земли. Впрочемъ, описанныя явленія не всегда сопровождаютъ паденіе метеоритовъ, но мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали описывать подробности, наблюдаемыя въ отдѣльныхъ случаяхъ; замѣтимъ только, что скопленіе тучъ на небѣ, дождь, буря и т. п. явленія, которыя разсматривались, какъ спутники метеоритовъ, на самомъ дѣлѣ ничего общаго съ ними не имѣютъ; случайно они могутъ наблюдаться одновременно съ паденіемъ метеорита, но въ причинной связи съ послѣднимъ не стоятъ.

Въ видѣ примѣра, скажемъ здѣсь о паденіи метеорита у Грашины при Загребѣ (Аграмѣ), 26 мая 1751 года; онъ обратилъ на себя всеобщее вниманіе, и даже императрица Марія-Терезія заинтересовалась имъ: по ея порученію, епископъ загребскій на мѣстѣ опросилъ свидѣтелей явленія и составилъ протоколъ. Въ шесть часовъ вечера на востокѣ появился блестящій метеоръ и съ страшнымъ шумомъ лопнулъ; послышалось грохотанье и шипѣнье, на землю упали двѣ каменныхъ глыбы, и на небѣ была видна сѣрая полоса, подобная столбу дыма; она отмѣчала слѣдъ метеорита. Большая изъ упавшихъ каменныхъ глыбъ легла на поле, только что передъ тѣмъ вспаханное, и врѣзалась въ землю на „*три локтя*“; оба метеорита были отправлены въ Вѣну; меньшій изъ нихъ безслѣдно пропалъ, а большій хранится и по сіе время въ знаменитой коллекціи метеоритовъ Императорскаго минералогическаго кабинета въ Вѣнѣ. Паденіе метеорита у Грашины по многимъ причинамъ принадлежитъ къ числу интереснѣйшихъ: это первое явленіе изъ числа тѣхъ, о которыхъ мы имѣемъ вполнѣ точныя и заслуживающія довѣрія извѣстія современниковъ; кромѣ того, самъ метеоритъ сохранился (рис. 126); наконецъ, на немъ впервые наблюдались характерные почти для всѣхъ метеоритовъ Видманштетовы фигуры, о которыхъ рѣчь будетъ ниже.

Приведемъ еще извѣстіе о паденіи метеорита 26 апрѣля 1803 года у л'Эгля въ Нормандіи. Въ исторіи науки оно имѣетъ чрезвычайно важное значеніе: до того времени многіе ученые сомнѣвались въ дѣйствительности метеоритовъ; изслѣдованія, произведенныя теперь знаменитымъ физикомъ *Біо*, окончательно разсѣяли всѣ сомнѣнія... Въ мѣстахъ, значительно удаленныхъ другъ отъ друга, въ Каенѣ, Фалезѣ, Понтъ-Одмерѣ, Вернейлѣ и Алансонѣ, былъ замѣченъ на ясномъ небѣ огненный шаръ; онъ быстро двигался отъ юго-востока къ сѣверо-западу. Скоро послѣ этого раздался сильный взрывъ: онъ слышался на протяженіи тридцати французскихъ миль, въ теченіе 5—6 минутъ; за взрывомъ послѣдовало нѣсколько пушеч-

ныхъ ударовъ; они перешли въ ружейную пальбу и закончились грохотомъ многихъ барабановъ. Метеоръ уже не казался огненнымъ шаромъ, но, какъ это часто бываетъ (напр. въ Сіенѣ въ 1794 г., въ Княгинѣ въ Венгріи въ 1866 г.), онъ былъ окруженъ дымомъ и имѣлъ видъ облака; форма послѣдняго представляла прямоугольникъ, большая сторона котораго была направлена съ востока на западъ. Облако это казалось неподвижнымъ (оно двигалось по направленію къ зрителю); только пары, изъ которыхъ оно состояло, рядомъ взрывовъ разлетались въ разныя стороны. Повидимому, облако находилось въ $^1/_2$ мили отъ л'Эгля, по направленію къ сѣверо-западу на очень значительной высотѣ; жители двухъ мѣстностей, уда-

Рис. 126. Метеоритъ, упавшій у Грашины и вѣсящій 39,2 кг.

ленныхъ другъ отъ друга на цѣлую французскую милю, видѣли его въ зенитѣ одновременно. Во всей мѣстности, надъ которой стояло облако, слышался шумъ, похожій на свистъ камней, бросаемыхъ изъ пращи; на землю низвергнулось огромное количество метеоритовъ (около 3000); площадь, покрытая ими, представляла эллипсъ, длиною въ $2^1/_2$ мили и шириною въ 1 милю. Наиболѣе крупные камни собрались на юго-восточномъ концѣ эллипса, наиболѣе мелкіе на сѣверо-западномъ, остальные въ срединѣ. Несмотря на огромное количество низвергнувшихся камней, ни одинъ изъ нихъ не обладалъ сколько-нибудь значительнымъ вѣсомъ: самый большой вѣсилъ $17^1/_2$ фун., а самый меньшій около 2 лотовъ.

Явленія, подобныя описаннымъ, наблюдались въ густо заселенныхъ мѣстностяхъ и возбуждали всеобщій интересъ: уже съ древнѣйшихъ временъ мы имѣемъ о нихъ свѣдѣнія; что же касается объясненія метеоритовъ, то въ старину суевѣрные люди приписывали ихъ сверхъестественной силѣ.

Древнѣйшія и несомнѣнныя извѣстія находятся въ китайскихъ хроникахъ; этотъ народъ съ образцовою точностью заносилъ свѣдѣнія о каждомъ метеоритѣ; первое паденіе относится къ 694 г. до Р. Хр., и съ этого момента до 333 г. по Р. Хр. Біо насчитываетъ въ „Ма-туанъ-линѣ" 16 сообщеній о метеоритахъ. Свѣдѣнія, почерпаемыя изъ классическихъ писателей, особенно тѣ, которыя касаются наиболѣе древнихъ временъ, не точны. Толкованія, объясняющія въ этомъ смыслѣ нѣкоторыя мѣста изъ Гомера, весьма сомнительны; извѣстія о камняхъ, которые упали съ неба въ Беотіи близъ Орхомена во времена Этеокла, сына Эдипа, хотя и болѣе опредѣленны, но не точны. Первое несомнѣнное извѣстіе, находимое у греческихъ писателей, касается метеорита, упавшаго въ 465 году до Р. Хр. близъ Эгосъ-Потамоса у Геллеспонта, недалеко отъ нынѣшняго Галлиполи, т.-е. тамъ, гдѣ впослѣдствіи произошло рѣшительное сраженіе, закончившее Пелопонесскую войну. Съ тѣхъ поръ греческіе и римскіе писатели сообщаютъ намъ непрерывно о паденіи метеоритовъ. Въ Римѣ уже въ древнія времена, въ царствованіе Нумы Помпилія, упала металлическая глыба, имѣвшая форму щита; на нее смотрѣли, какъ на талисманъ. Что же касается другихъ камней подобнаго происхожденія, то они хранились въ храмахъ и были предметами всеобщаго почитанія; такъ было на Критѣ, въ Өивахъ, въ Эфесѣ, въ Пессинунтѣ во Фригіи и въ другихъ мѣстахъ. Огромной извѣстностью пользуется метеоритъ въ 2 метра высотою, такъ называемый Хаджаръ-эль-Асвадъ; онъ вмуравленъ въ южный уголъ Каабы въ Меккѣ, и милліоны людей поклоняются ему и теперь.

Особенная сила и значеніе приписывались метеорному желѣзу: металлъ, упавшій съ неба, считался несомнѣннымъ даромъ Божіимъ и долженъ былъ обладать чудесными свойствами. По всему востоку распространено вѣрованіе, что метеорное желѣзо несетъ побѣду и защищаетъ отъ ранъ; разные полководцы старались приготовлять себѣ оружіе изъ такого желѣза. Этотъ фактъ тѣмъ болѣе заслуживаетъ вниманія, что метеорное желѣзо трудно поддается ковкѣ, и искусство самыхъ опытныхъ мастеровъ оказывается безсильнымъ. Большинство метеоритовъ состоитъ изъ твердыхъ пластинокъ, и потому вещи, приготовленныя изъ него, имѣютъ видъ дамасской стали (рис. 127). Весьма вѣроятно, что восточное искусство въ приготовленіи дамасскихъ клинковъ началось съ поддѣлокъ чудесныхъ метеорныхъ мечей.

Въ средніе вѣка и въ новое время извѣстія о метеоритахъ становятся все чаще; всюду возбуждаютъ они огромнѣйшій интересъ, особенно когда сопровождаются какими-нибудь необыкновенными, большею частію случайными, явленіями; такъ, напримѣръ, метеоръ, появившійся въ Энзисгеймѣ, 7 ноября 1492 года, былъ понятъ императоромъ Максиміліаномъ I, какъ знаменіе, требовавшее, чтобы христіане выступили противъ турокъ *). Каменный дождь, случившійся около Шлейзингена въ Тюрингіи 19 мая 1552 г., переколотилъ много оконъ и убилъ лошадь князя Шварцбургъ-Рудольштадскаго. 4-го же сентября 1511 года былъ убитъ священникъ въ Кремѣ на Аддѣ. Свидѣтельства объ этихъ явленіяхъ слишкомъ многочисленны, сотни и тысячи людей были ихъ очевидцами, цѣлыя страны тревожились и волновались; сомнѣваться въ дѣйствительности этихъ метеоритовъ невозможно и странно; тѣмъ болѣе кажется удивительнымъ, что еще въ прошломъ столѣтіи почти всѣ ученые отвергали справедливость этихъ извѣстій, смотрѣли на нихъ, какъ на по-

*) Это старѣйшій изъ метеоритовъ, время паденія которыхъ извѣстно; куски его сохранились и до сихъ поръ.

слѣдствія суевѣрія, обмана и глубокихъ заблужденій, а паденіе камней съ неба считали физически невозможнымъ. Когда въ 1790 году было опубликовано объ упомянутомъ выше Загребскомъ метеоритѣ, *Штютцъ* говорилъ: „только люди, совсѣмъ невѣжественные въ естествознаніи, могутъ вѣрить, что камни падаютъ съ неба. Въ 1751 г. въ этомъ были убѣждены даже ученые Германіи; но тогда царило полное незнаніе естественныхъ наукъ и физики, въ наше же время непростительно считать сколько-нибудь вѣроятными подобныя сказки". Въ 1790 г. у Жюльяка въ Гаскони упалъ метеоритъ; начальство этой области отнеслось къ явленію съ достойнымъ похвалы благоразуміемъ: былъ составленъ протоколъ, подписанный 300 очевидцами. Но когда этотъ документъ предъявили въ парижскую академію, то официально подтвержденное извѣстіе она сочла просто глупостью.

Правильное пониманіе этихъ явленій мы находимъ впервые у извѣстнаго физика *Хладни* изъ Виттенберга, основателя научной акустики; раньше высказывались лишь догадки, и только Хладни въ своемъ сочиненіи *), явившемся въ 1794 году, съ полной несомнѣнностью доказалъ слѣдующее: „во-первыхъ, желѣзо и камни очень часто падаютъ съ неба; это *доказанные историческіе факты;* во-вторыхъ, они являются въ видѣ огненныхъ шаровъ и представляютъ ничто иное какъ горящую массу; въ третьихъ, метеориты обладаютъ космическимъ происхожденіемъ, попадаютъ къ намъ изъ мірового пространства и никогда прежде не были ни на землѣ, ни въ ея атмосферѣ". Въ этихъ словахъ Хладни заключаются результаты его работы, сдѣлавшей цѣлую эпоху въ изученіи метеоритовъ: только четыре года прошло съ тѣхъ поръ, когда документальное свидѣтельство о паденіи метеорита у Жюльяка было отвергнуто всѣмъ ученымъ міромъ, какъ нелѣпость; можно себѣ представить, какую борьбу пришлось выдержать Хладни, когда онъ такъ смѣло и рѣшительно выступилъ противъ предразсудковъ своего времени. Со всѣхъ сторонъ посыпались на него нападки: одинъ ученый зашелъ даже слишкомъ далеко и увѣрялъ, что если бы такой камень упалъ къ его ногамъ, то онъ бы не повѣрилъ этому факту; другой причислялъ Хладни къ числу тѣхъ людей, которые создаютъ лживыя ученія о мірѣ и не подозрѣваютъ, что они то и виновны во всемъ злѣ, которое царитъ въ области нравственности. Къ счастію, Хладни не пришлось долго ждать общаго признанія его ученія: скоро въ Европѣ упало нѣсколько метеоритовъ; они были наблюдаемы большимъ числомъ очевидцевъ и тщательно изслѣдованы. Первый метеоритъ упалъ 16 іюня 1794 года въ Сіенѣ, второй 13 декабря 1795 года—въ Ульдъ-Коттэджѣ въ Іокширѣ, третій 26 апрѣля 1803 года—у л'Эгля въ Нормандіи; съ тѣхъ поръ всякія сомнѣнія въ дѣйствительности метеоритовъ исчезли.

Рис. 127. Обдѣланное метеорное желѣзо.

Число метеоритовъ, наблюдавшихся точно, невелико: оно не превышаетъ тысячи; можно сказать, что теперь въ Европѣ каждый годъ падаетъ приблизительно 3 метеорита. На первый взглядъ это число кажется небольшимъ, но если принятъ во вниманіе, какъ мала Европа и какъ легко можетъ остаться незамѣченнымъ паденіе метеоритовъ въ малонаселенныхъ странахъ, въ дикихъ гористыхъ

*) Über den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen, von E. F. F. Chladni. Riga und Leipzig. 1794.

мѣстностяхъ, въ большихъ пустыняхъ, въ лѣсахъ, на болотахъ и въ темныя бурныя ночи, то станетъ несомнѣннымъ, что число камней, падающихъ на протяженіи всей земли, чрезвычайно велико. Европа составляетъ $^{16}/_{1000}$ всей земной поверхности. Можно допустить, что по крайней мѣрѣ $^{1}/_{2}$ метеоритовъ, падающихъ въ этой части свѣта, ускользаютъ отъ наблюденія; въ такомъ случаѣ мы найдемъ, что на всей землѣ падаетъ въ годъ приблизительно 600—700 метеоритовъ.

Скорость, съ которою метеоритъ пролетаетъ земную атмосферу, чрезвычайно велика: онъ летитъ быстрѣе звука, быстрѣе пушечнаго ядра, во многихъ случаяхъ превышаетъ скорость движенія планетъ *) и въ секунду проходитъ разстоянія въ нѣсколько миль. По мѣрѣ приближенія къ землѣ, скорость полета ослабѣваетъ: воздухъ оказываетъ метеору сопротивленіе и дѣлаетъ его скорость постоянной. Метеоритъ достигаетъ земли со сравнительно небольшимъ ускореніемъ. Поэтому механическое дѣйствіе падающаго метеорита на почву не можетъ быть сколько-нибудь значительнымъ; только очень тяжелыя массы внѣдряются на нѣсколько футовъ въ землю; въ большинствѣ случаевъ не бываетъ и этого: каменный дождь въ *Пултускѣ* Ломжинской губерніи, состоявшій изъ небольшихъ зеренъ, не могъ пробить промерзшей земли и льда на рѣкѣ Наревѣ.

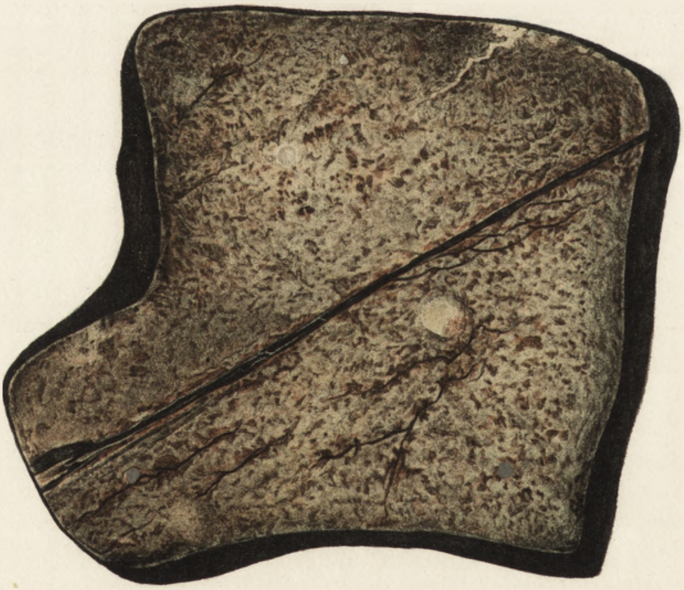
Громадная скорость метеоритовъ и пропорціональное ей сопротивленіе воздуха даютъ ключъ къ пониманію многихъ явленій. Вслѣдствіе сопротивленія атмосферы постепенно уничтожается космическая скорость, и огромное количество живой силы превращается въ теплоту, которая нагрѣваетъ метеоритъ и находящійся передъ нимъ воздухъ. Нагрѣтый воздухъ, устремляясь въ пустое пространство позади камня, окружаетъ послѣдній накаленною атмосферой: метеоритъ начинаетъ плавиться и свѣтиться.

Передъ паденіемъ раздается сильный звукъ; его обыкновенно объясняютъ движеніемъ воздуха, который мгновенно устремляется въ пустое пространство позади метеорита, какъ только послѣдній потеряетъ всю свою космическую скорость и станетъ просто падать. Но такъ какъ въ послѣднихъ частяхъ пути скорость уменьшается постепенно и въ моментъ полнаго ея уничтоженія метеоритъ продолжаетъ двигаться, то мгновенное движеніе воздуха въ пустое пространство и образованіе сильной звуковой волны не возможно. Опираясь на изслѣдованія *Маха, Доссъ* далъ болѣе удовлетворительное объясненіе звуковыхъ явленій, сопровождающихъ паденіе метеоритовъ. Летящее ядро, по мнѣнію *Маха*, способствуетъ образованію такъ называемой передовой волны, которая движется передъ самымъ ядромъ, но когда скорость послѣдняго станетъ меньше обыкновенной скорости звука, волна забѣжитъ впередъ, достигнетъ до насъ и мы услышимъ выстрѣлъ. Такою передовою волною Доссъ и объясняетъ сильный звукъ передъ паденіемъ метеорита. Шипѣніе, свистъ и раскаты, слѣдующіе за этимъ звукомъ, отчасти происходятъ вслѣдствіе самаго паденія, отчасти вслѣдствіе извѣстныхъ колебаній, вызываемыхъ тѣмъ что центръ тяжести метеорита, при движеніи направленный впередъ, не совпадаетъ, какъ и у стрѣлы съ геометрическимъ центромъ.

На поверхности метеоритовъ находится черная стекловатая кора незначительной толщины: она имѣетъ лучистое строеніе и усѣяна иногда такъ называемыми *бороздами плавленія*, которыя образованы стремительнымъ потокомъ воздуха, сду-

*) Метеоритъ, упавшій въ Пултускѣ, проходилъ въ атмосферѣ, которая своимъ сопротивленіемъ уменьшала его скорость, 7,25 миль въ секунду; Меркурій, обладающій наибольшею скоростію между планетами, проходитъ въ то же время 6,41 мили.

Метеоритъ изъ Красноярска (Палласово желѣзо).



Метеоритъ изъ Каковы.

МЕТЕОРИТЫ.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

вавшимъ назадъ расплавленную массу; по расположенію бороздъ можно опредѣлить сторону, которою метеоритъ при паденіи былъ направленъ впередъ. Особенно характеренъ въ этомъ отношеніи метеоритъ, упавшій у Штаннерна въ Моравіи; этотъ въ своемъ родѣ классическій образецъ хранится въ Вѣнѣ въ Императорскомъ минералогическомъ кабинетѣ; на рис. 128—131 онъ изображенъ въ естественную величину съ четырехъ сторонъ. Само собою понятно, что стекловатая кора метеорита должна быть тонка: если даже расплавится большая часть метеорита, то она не останется на его поверхности: сильный потокъ воздуха сдуетъ ее и разорветъ на мелкія частицы; послѣднія будутъ летѣтъ за метеоритомъ и примутъ участіе въ образованіи блестящаго хвоста его. Если въ метеоритѣ имѣются щели, то распла-

Рис. 128.

Рис. 129.

Метеоритъ, упавшій во время каменнаго дождя у Штаннерна. (Цѣлый экземпляръ съ ясно выраженными бороздами плавленія). Рис. 128—метеоритъ спереди, рис. 129—сбоку.

вленная масса заполнитъ ихъ и образуетъ жилки чернаго стекловатаго вещества; такія жилки часто находятся внутри метеоритовъ; примѣромъ можетъ служить представленный на таблицѣ метеоритъ Каковы.

Очень многіе метеориты представляютъ и другую своеобразную особенность: на ихъ поверхности наблюдаются многочисленныя углубленія, такъ называемыя *пьезоглипты;* величина ихъ различна; въ общемъ онѣ напоминаютъ тѣ ямочки, которыя могутъ быть выдавлены въ какой-нибудь пластической массѣ пальцемъ. *Добре*, въ Парижѣ, цѣлымъ рядомъ опытовъ показалъ, что такія же углубленія образуются при дѣйствіи сжатыхъ газовъ на твердыя тѣла и получаются при взрывахъ динамита, пороха, пироксилина и т. п.; поэтому надо допустить, что сжатый накаленный воздухъ тоже вырываетъ съ поверхности метеоритовъ куски ихъ массы; разсыпавшись въ мелкую пыль, они остаются въ хвостѣ. Въ тѣхъ частяхъ метеорита, которыя богаты троилитомъ, — по мнѣнію *Брезины,* мало-прочнымъ минераломъ,—особенно легко образуются углубленія и даже прободенія. Съ другой сто-

роны, какъ это впервые показалъ *Голдьшмидтъ*, неравномѣрное расширенiе внезапно нагрѣтой поверхности вызываетъ отдѣленiе полукруглыхъ скорлупокъ и образованiе небольшихъ ямочекъ. Послѣднiя наблюдаются также на камняхъ, находимыхъ въ пустыняхъ; вслѣдствiе внезапнаго нагрѣванiя или охлажденiя, съ поверхности камня отскакиваютъ скорлуповатые осколки, и образуются углубленiя.

Число метеоритовъ, падающихъ одновременно бываетъ различно: иногда находятъ только одинъ метеоритъ, рѣже—нѣсколько и еще рѣже много. Во время каменнаго дождя въ Штаннернѣ выпало заразъ нѣсколько сотенъ метеоритовъ, а въ *л'Эглѣ* въ Нормандiи—даже 3000; въ послѣднемъ случаѣ камни покрыли эллиптическiй участокъ земли въ 12 километровъ длиною; число метеоритовъ, упавшихъ

Рис. 130.

Рис. 131.

Метеоритъ, упавшiй у Штаннерна (тотъ же экземпляръ, что и на рис. 128 и 129). Рис. 130—видъ сзади, рис. 131—видъ съ другой стороны.

одновременно въ Княгинѣ въ Венгрiи въ 1866 году, было только немного меньше, а каменный дождь у насъ въ Пултускѣ, 30 января 1868 г., превзошелъ всѣ другiе болѣе или менѣе точно наблюдавшiеся метеоритные дожди.

Является вопросъ: въ какомъ состоянiи достигли земли эти многочисленные камни, представляли ли они первоначально одну массу, которая раздробилась въ нашей атмосферѣ, или уже въ атмосферу земли вступила цѣлая куча отдѣльныхъ камней? Если на изслѣдуемомъ метеоритѣ не замѣчается коры, одѣвающей его со всѣхъ сторонъ, а, наоборотъ, видны свѣжiя поверхности излома или только ничтожные слѣды стекловатой оболочки, то почти безошибочно можно утверждать, что раздробленiе произошло во время паденiя; этого нельзя сказать о тѣхъ метеоритахъ, которые одѣты сплошною корою: уже въ атмосферѣ они должны были существовать въ качествѣ самостоятельныхъ тѣлъ.

Даже при сильныхъ каменныхъ дождяхъ большинство метеоритовъ оплавлено; въ одномъ парижскомъ музеѣ естественныхъ наукъ сохраняется 950 „цѣлыхъ" метеоритовъ, упавшихъ въ Пултускѣ 30 января 1868 г. Невѣроятно, чтобы такое

огромное число закругленныхъ камней образовалось вслѣдствіе распаденія одного метеорита въ теченіе немногихъ секундъ, проведенныхъ въ атмосферѣ; надо думать, всѣ эти отдѣльныя тѣла двигались уже въ міровомъ пространствѣ тѣсно сплоченною кучею. Однако, извѣстны случаи, когда метеоритъ раздробился, проходя черезъ атмосферу съ космическою скоростью, и достигъ земли въ видѣ обломковъ, покрытыхъ стекловатою корою. Такъ, напримѣръ, у *Квенгука* въ Индіи были найдены два метеорита, отдѣленные другъ отъ друга разстояніемъ почти въ одну англійскую милю; ихъ поверхности излома были слегка оплавлены, но вполнѣ совпадали одна съ другой; также послѣ паденія метеоритовъ въ *Бутсуръ* въ Остъ-Индіи, 12 мая 1861, года были найдены на ратстояніи 2 англійскихъ миль три метеоритныхъ осколка; сложенные вмѣстѣ, они тоже вполнѣ совпали (см. рис. 132). Впрочемъ, случаи эти принадлежатъ къ числу исключеній, и метеоритные дожди, вродѣ перечисленныхъ выше, ни въ коемъ случаѣ не могутъ быть сведены къ распаденію одной общей массы. Для объясненія ихъ надо допустить существованіе цѣлой метеоритной кучи. На первый взглядъ кажется, что такому пониманію явленія противорѣчитъ просто и легко наблюдаемый фактъ: метеоритъ представляется сплошнымъ огненнымъ шаромъ, какъ же онъ можетъ состоять изъ сотенъ и тысячь отдѣльныхъ обломковъ? Сомнѣніе было устранено знаменитымъ представителемъ аѳинской обсерваторіи *Ю. Шмидтомъ.* Ему впервые удалось наблюдать въ телескопѣ огненный шаръ перваго порядка. Если принять въ разсчетъ, какъ рѣдко происходятъ такія явленія, какъ они непродолжительны и какъ быстро протекаютъ, то станетъ понятно, что наблюдать ихъ очень трудно. Метеоритъ, видѣнный въ зрительную трубу Ю. Шмидтомъ, состоялъ изъ многихъ частей: впереди двигались два зеленоватыхъ ярко-свѣтящихся камня; они имѣли форму громадной капли и оставляли позади себя длинныя огненно-красныя линіи; за ними неслась куча зеленоватыхъ обломковъ разной величины, и каждый изъ нихъ оставлялъ послѣ себя красный огненный слѣдъ. Было подмѣчено, что дѣйствительные раз-

Рис. 132. Метеоритъ Бутсуры.

мѣры метеоритовъ меньше, чѣмъ они кажутся невооруженному глазу; этотъ чрезвычайно важный фактъ показываетъ, что несоотвѣтствіе между огромными размѣрами метеорита и незначительною массою падающихъ камней является оптическимъ обманомъ: сильный свѣтъ, испускаемый метеоритомъ, увеличиваетъ его размѣры. Такимъ образомъ эти наблюденія несомнѣнно доказали, что большинство метеоритовъ представляютъ цѣлую кучу камней, проходящихъ атмосферу въ одномъ и томъ же направленіи; только невооруженному глазу они кажутся однимъ огненнымъ шаромъ; послѣднюю догадку уже давно высказывалъ *Гайдингеръ*.

Величина и масса метеоритовъ, падающихъ на землю, обыкновенно незначительны. Желѣзная глыба, упавшая у С.-Катарина въ Бразиліи, вѣсила 2250 килограммовъ; другой метеоритъ, найденный также въ Бразиліи, вѣсилъ 7000 килограммовъ, объемъ же его не превосходилъ 1 куб. метра; двѣ желѣзныхъ глыбы, найденныя у *Хупадероса* въ Мексикѣ и принадлежащія одному метеориту, были 4,65 метровъ длиною и 1,5 метровъ шириною и вѣсили около 24—25 тысячъ килограммовъ; вѣсъ неметаллическихъ метеоритовъ доходитъ до 200—300 килограммовъ, вообще они рѣдко бываютъ тяжелѣе 50 килограммовъ и въ большинствѣ случаевъ вѣсятъ значительно меньше. Цѣлые метеориты мелкихъ размѣровъ очень рѣдки, въ виду трудности ихъ отыскиванія. Послѣ метеорнаго дождя у Хесле, близь Упсалы, въ Швеціи, 1 января 1869 года, бѣлая снѣжная пелена, одѣвавшая землю, помогла отыскать мелкіе метеориты: были найдены экземпляры чрезвычайно малыхъ размѣровъ; самый крошечный изъ нихъ, сохраняемый въ Стокгольмѣ, вѣситъ 0,06 гр.

Такія образованія представляютъ переходъ къ настоящей *метеорной пыли*, которая была находима неоднократно. Такъ, напримѣръ, въ Швеціи замѣтили на снѣгу черную пыль, которая оказалась желѣзомъ космическаго происхожденія. Въ глубокихъ частяхъ моря, вдали отъ береговъ, вода выдѣляетъ немного осадковъ; послѣдніе, особенно такъ называемый красный глубоководный илъ, содержатъ въ себѣ буро-желтыя зерна желѣза съ подмѣсью никкеля, отъ 0,5 мм. въ діаметрѣ; эти зерна оказались бронзитовыми хондритами; присутствіе послѣднихъ въ морскихъ осадкахъ показываетъ, что значительная часть глубинныхъ отложеній образовалась изъ метеорной пыли.

Метеориты „падаютъ съ неба“. Каково же ихъ происхожденіе? съ какого небеснаго тѣла низвергаются они? изъ какихъ областей мірового пространства залетаютъ они къ намъ? Для рѣшенія этихъ важныхъ и трудныхъ вопросовъ было предложено много гипотезъ, и хотя въ настоящую минуту одна изъ нихъ имѣетъ огромное число сторонниковъ, однако вопросы эти далеко не рѣшены.

Первоначально думали, что метеориты представляютъ сгущенные пары мірового пространства; этотъ взглядъ и теперь еще находитъ сторонниковъ. Позднѣе метеориты разсматривались, какъ продукты изверженій лунныхъ вулкановъ; впослѣдствіи этотъ взглядъ былъ отвергнутъ, но въ самое послѣднее время выдвинутъ опять астрономами и сталъ снова предметомъ обсужденій. Но чтобы преодолѣть притяженіе луны и начать самостоятельное движеніе вокругъ нея и земли, вулканическія бомбы должны были бы вылетать изъ лунныхъ вулкановъ со страшною скоростью. Съ другой стороны, приблизившись къ землѣ, онѣ не могли бы обладать тою огромной быстротою полета, которая на самомъ дѣлѣ наблюдается.

Происхожденіе метеоритовъ связывали также съ солнечными изверженіями; но и это объясненіе скоро оказалось неудовлетворительнымъ: наблюденія показали, что вещество протуберанцъ падаетъ обратно на солнце. Тѣ изслѣдователи, которые

исходили главнымъ образомъ изъ петрографическихъ и геологическихъ данныхъ, обратили вниманіе на сходство состава земной магмы и метеоритовъ; происхожденіе послѣднихъ они связывали съ планетами, сходными по своему строенію съ землей. Съ одной стороны, они предполагали, что метеориты образуются при вулканическихъ изверженіяхъ такихъ планетъ, съ другой стороны—разсматривали ихъ, какъ продукты распаденія этихъ міровыхъ тѣлъ.

Среди астрономовъ наибольшее число сторонниковъ имѣетъ тотъ взглядъ, который связываетъ метеориты съ падающими звѣздами и кометами. Существованіе извѣстной зависимости между этими явленіями уже давно предчувствовалось многими учеными, но только *Скіапарелли* своими чрезвычайно остроумными изслѣдованіями далъ ключъ къ пониманію ея; его теорія была во многихъ отношеніяхъ преобразована *Вейсомъ* и въ такомъ видѣ представляетъ теперь лучшее объясненіе метеоритовъ.

Явленіе падающихъ звѣздъ общеизвѣстно. Въ свѣтлыя ночи часто случается видѣть, какъ одна изъ звѣздъ будто сорвется со своего мѣста, скользнетъ съ огромною скоростью по небесному своду и черезъ нѣсколько мгновеній исчезнетъ; иногда въ теченіе одного часа явленіе повторяется нѣсколько разъ. Въ настоящее время доказано, что падающія звѣзды такія же твердыя тѣла, какъ и метеориты; онѣ попадаютъ въ атмосферу земли изъ міроваго пространства и, врываясь въ нее съ космическою скоростью, начинаютъ свѣтиться. Высота, гдѣ онѣ загораются и потухаютъ, различна; можно допустить, что въ моментъ появленія онѣ находятся въ 15 миляхъ отъ земной поверхности, а въ моментъ исчезновенія въ 11 миляхъ. Свѣтовыя явленія и въ данномъ случаѣ зависятъ отъ воздуха, который сжимается и нагрѣвается быстро летящимъ черезъ него тѣломъ; причины потуханія могутъ быть различны: или тѣло распадается въ пыль вслѣдствіе своей высокой температуры, а быть можетъ и сгораетъ, или же уходитъ опять изъ предѣловъ земной атмосферы.

Въ большинствѣ случаевъ, падающія звѣзды являются одиноко чрезъ большіе промежутки времени, иногда же онѣ необычайно быстро слѣдуютъ одна за другою. Въ 1799 г., въ $2^1/_2$ часа утра, 12 ноября, у Куманы, въ Венецуэлѣ, Александръ Гумбольтъ замѣтилъ на восточной части небеснаго свода цѣлыя тысячи огненныхъ шаровъ и падающихъ звѣздъ; всѣ они летѣли въ одномъ направленіи съ сѣвера къ югу. Впослѣдствіи оказалось, что такой потокъ падающихъ звѣздъ былъ видимъ по всей Америкѣ отъ экватора до Гренландіи и достигалъ Германіи. Область, охваченная имъ, простиралась до 1 милліона кв. миль. Сначала атрономы не обращали должнаго вниманія на это явленіе, но впослѣдствіи оно возбудило общій интересъ; скоро было доказано, что извѣстные періоды года и извѣстныя ночи характеризуются то болѣе сильнымъ, то болѣе слабымъ паденіемъ звѣздъ. Стали искать указаній на подобныя явленія въ древнихъ лѣтописяхъ и хроникахъ и вдругъ пришли къ самымъ неожиданнымъ результатамъ: оказалось, что падающія звѣзды за время около 2,500 лѣтъ появляются почти въ одни и тѣ же дни, напр.:

До	Р. Хр.	687 г.	19 апрѣля.	Послѣ	Р. Хр.	1095 „	20 апрѣля.
„	„ „	15 „	19 „	„	„ „	1096 „	21 „
Послѣ	„ „	582 „	18 „	„	„ „	1122 „	20 „
„	„ „	1093 „	20 „	„	„ „	1123 „	20 „
„	„ „	1094 „	20 „	„	„ „	1803 „	19 „

Наиболѣе сильнымъ во всемъ сѣверномъ полушаріи является тотъ потокъ падающихъ звѣздъ, который происходитъ въ ночь съ 13 на 14 ноября; далѣе слѣ-

дуетъ потокъ св. Лаврентія, огненныя слезы котораго, по народному повѣрью, проливаются въ ночь на 10 августа. Въ сѣверномъ полушаріи слѣдующіе дни года характеризуются наиболѣе сильными потоками.

1) 2— 3 января.	4) 26—29 іюля.	7) 13—14 ноября.
2) 12—13 апрѣля.	5) 9—13 авг. (потокъ св. Лаврентія).	8) 27—29 ноября.
3) 19—23 апрѣля.	6) 19—25 октября.	9) 6—13 декабря.

Кромѣ того, существуетъ еще много другихъ слабыхъ потоковъ.

Наблюденія надъ этими замѣчательными явленіями показали, что пути отдѣльныхъ звѣздъ цѣлаго потока пересѣкаются въ извѣстной точкѣ небеснаго свода, называемой *точкой радіаціи или просто радіантомъ:* потокъ или исходитъ изъ этой точки, или же въ ней встрѣчаются продолженныя назадъ направленія падающихъ звѣздъ; эти точки не измѣняютъ своего положенія не только въ теченіи одной ночи, но даже въ теченіи многихъ лѣтъ. Такъ, напр., потокъ св. Лаврентія исходитъ изъ той точки, которая находится вблизи звѣзды γ въ созвѣздіи Персея, а потокъ 13 ноября имѣетъ точку радіаціи между звѣздами γ и μ въ созвѣздіи Льва. Отсюда потоки эти называются иногда *Персеидами* и *Леонидами.*

Объяснить описанныя явленія можно только слѣдующимъ образомъ: метеоры, видимые постоянно въ одну и ту же ночь, принадлежатъ къ потоку, который состоитъ изъ огромнаго числа небольшихъ тѣлъ; всѣ они вращаются около солнца по одному общему пути, пересѣкающему земную орбиту въ той точкѣ, гдѣ бываетъ земля въ день появленія потока; она разрываетъ послѣдній, и часть небольшихъ небесныхъ тѣлъ, подъ вліяніемъ земнаго притяженія, падаетъ на ея поверхность.

Какъ уже было упомянуто выше, персеиды (9—13 августа) и леониды (13—14 ноября), среди всѣхъ звѣздныхъ потоковъ, достигающихъ земли, оказываются самыми сильными. Однако, не каждый годъ они одинаковы; персеиды появляются въ максимумѣ черезъ каждыя 108 лѣтъ и удерживаютъ его неизмѣннымъ въ теченіи 20—30 лѣтъ. Еще поразительнѣе измѣненіе силы потока леонидъ. Выше было сдѣлано описаніе того случая, который наблюдался Гумбольдтомъ около Куманы. Послѣ этого въ ночь съ 12 на 13 ноября 1883 г. Ольмстэдъ и Пальмеръ наблюдали въ С. Америкѣ около Ньюгевена огненные шары, которые, подобно ракетамъ, разлетались изъ одной точки неба; ихъ было такъ много, что они падали на землю, точно хлопья снѣга; все небо было охвачено огнемъ; явленіе продолжалось 9 час., по приблизительному разсчету въ это время упало болѣе четверти милліона звѣздъ. Но не каждый годъ паденіе леонидъ проявляется съ такою силою; собранныя наблюденія показываютъ, что максимумъ ихъ повторяется черезъ $33^1/_4$ года, т.-е. три раза въ теченіе столѣтія. На основаніи точнаго изученія всѣхъ данныхъ, можно было предсказать появленіе сильнаго потока въ ночь съ 13 на 14 ноября 1866 г., и дѣйствительно въ это время потокъ явился во всей своей величественной прелести. Такое періодическое повтореніе сильныхъ потоковъ позволяетъ думать, что космическія тѣла, составляющія ихъ, распредѣлены на своемъ пути неравномѣрно и особенно плотно скучены въ извѣстныхъ мѣстахъ. Правильное повтореніе ихъ максимумовъ позволяетъ опредѣлить время, въ теченіи котораго потокъ совершаетъ свой путь. Для леонидъ это время равно 33,25 лѣтъ. Намъ извѣстно время обращенія метеоровъ, ихъ направленіе, скорость (о способахъ опредѣленія послѣднихъ мы не можемъ говорить подробно), наконецъ, фокусъ ихъ пути, въ которомъ рас-

полагается солнце; на основаніи этихъ данныхъ возможно опредѣлить характеръ той кривой, по которой движется потокъ; эта кривая весьма сходна съ кривыми, по которымъ совершается обращеніе періодическихъ кометъ.

Вопросъ значительно двинулся впередъ, благодаря изслѣдованіямъ Скіапарелли; этотъ ученый показалъ, что путь персеидъ совпадаетъ съ путемъ третьей кометы 1862 г.; что касается леонидъ, то они движутся по той же кривой, которую описывала комета 1866 г. Точно также оказалось, что первая комета 1861 г. находится въ связи съ потоками 20 апрѣля, и комета Біэлы — съ потокомъ 27—29 ноября; наконецъ, значительное число другихъ звѣздныхъ потоковъ удалось связать съ движеніемъ извѣстныхъ кометъ.

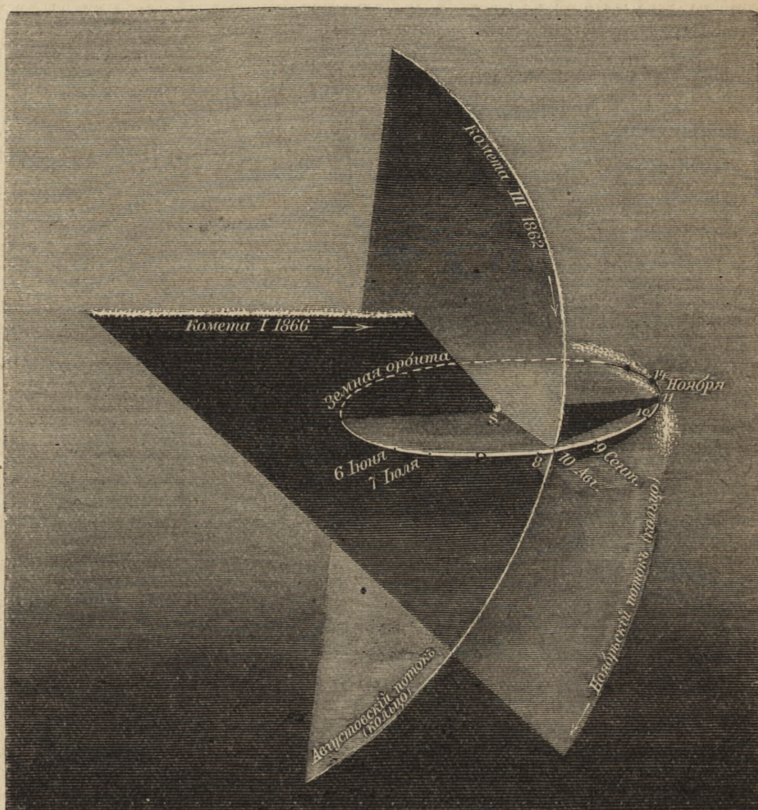


Рис. 133. Пути кометъ и падающихъ звѣздъ.

Мы не можемъ здѣсь коснуться подробно астрономической стороны вопроса, достаточно указать, что комета, приблизившись къ солнцу или къ какой-нибудь планетѣ, можетъ распасться и отчасти совсѣмъ разсѣяться*). Отдѣлившіеся осколки долго движутся вслѣдъ за кометой, образуя кольцо метеоровъ, изъ котораго и истекаютъ потоки (см. рис. 133). Связь между обоими явленіями весьма велика, и Вейсъ предполагаетъ, что не только каждая періодическая комета образуетъ метеорный потокъ, но и что каждый потокъ происходитъ вслѣдствіе пересѣченія земной орбиты съ путями періодическихъ кометъ.

Можно ли отождествить падающіе на землю метеориты съ звѣздными потоками? Можемъ ли мы разсматривать первые, какъ обломки кометъ? И въ томъ и въ другомъ случаѣ въ нашу атмосферу врываются съ громадною скоростью твердыя тѣла; и метеориты, и потоки сильно сжимаютъ воздухъ на своемъ пути, сильно

*) Распаденіе кометъ на двѣ или болѣе частей — вполнѣ установленный фактъ; извѣстнѣйшіе примѣры представляютъ комета Біэлы, раздѣлившаяся въ январѣ 1846 г. на двѣ части, и комета Брука въ 1890 г

нагрѣваются, раскаляются и испускаютъ свѣтъ. Конечно, нельзя не замѣтить и рѣзкаго различія между небольшою звѣздою, которая беззвучно скатывается съ неба, и огромнымъ огненнымъ шаромъ, который съ шумомъ и трескомъ низвергается на землю и разсыпается каменнымъ дождемъ; тѣмъ не менѣе, звѣздные потоки и метеориты являются только крайними членами ряда явленій: между ними существуютъ незамѣтные переходы. Очень небольшія или быстро движущіяся въ атмосферѣ тѣла разрываются прежде, чѣмъ достигнутъ земли, и шумъ ихъ, происходящій въ отдаленныхъ областяхъ, не слышенъ на земной поверхности. Это соображеніе позволяетъ приписать одинаковое происхожденіе метеоритамъ и падающимъ звѣздамъ, тѣмъ болѣе, что въ отдѣльныхъ случаяхъ метеориты удалось свести къ точкамъ радіаціи извѣстныхъ звѣздныхъ потоковъ. Хотя въ моменты появленія леонидъ и персеидъ число падающихъ на землю метеоритовъ не возрастаетъ сравнительно съ другими мѣсяцами года, тѣмъ не менѣе этотъ фактъ не опровергаетъ сдѣланнаго допущенія: есть очень серьезныя основанія думать, что онъ не имѣетъ особаго значенія.

Астрономы полагаютъ, что ежедневно атмосферу земли проходятъ 10—12 милліоновъ падающихъ звѣздъ; метеоритовъ же выпадаетъ на землю не болѣе двухъ-трехъ; такимъ образомъ изъ всѣхъ твердыхъ тѣлъ, попадающихъ въ атмосферу, только ничтожное количество падаетъ на землю, большинство же разсѣевается въ воздухѣ. Поэтому условія, при которыхъ появляется метеорный потокъ въ атмосферѣ, имѣютъ несравненно больше значенія для сохраненія составляющихъ его тѣлъ, чѣмъ общее ихъ число. Разрушеніе метеоритовъ происходитъ вслѣдствіе той быстроты, съ которой они проходятъ атмосферу: чѣмъ быстрѣе движутся въ воздухѣ тѣла, составляющія потокъ, тѣмъ легче они могутъ быть уничтожены, не достигнувъ земной поверхности. Скорость, съ которою метеоръ прорѣзываетъ воздухъ, зависитъ не только отъ его ускоренія, но также отъ направленія движенія. Допустимъ, что онъ движется въ направленіи, противоположномъ вращенію земли; такъ какъ атмосфера движется вмѣстѣ съ землею навстрѣчу потоку, то скорость послѣдняго возрастетъ на величину, равную скорости земли (почти 4 мили въ секунду); въ противоположномъ случаѣ, когда потокъ движется въ томъ же направленіи, какъ и земля, скорость его въ воздухѣ уменьшится на величину, равную скорости земли.

Отсюда слѣдуетъ, что метеоры тѣхъ потоковъ, которые движутся навстрѣчу землѣ или пересѣкаютъ ея путь подъ очень острымъ угломъ, находятся въ неблагопріятныхъ условіяхъ для сохраненія: сравнительно небольшая часть ихъ упадетъ на землю; леониды и персеиды какъ-разъ принадлежатъ къ числу такихъ потоковъ: понятно, что 9—13 августа и 13—14 ноября на землю падаетъ не больше метеоритовъ, чѣмъ въ другое время *).

---

*) Древнѣйшее свѣдѣніе о метеоритѣ, выпавшемъ въ предѣлахъ Россіи, относится къ 1290 г. По сообщеніямъ современника, паденіе произошло 25 іюня въ полдень близъ Устюга Великаго. „Бысть же о полудни найде внезапу надъ градъ Устюгъ облакъ теменъ и бысть яко нощъ темная... И посемъ явишася и восташа со всѣ четыре страны тучи великія, изъ нихъ же исхождаше молнія огненная безпрестани, и грому убо многу и страшну бывшу надъ градомъ Устюгомъ, яко же не слышати, что другъ съ другомъ глаголати“. Конецъ явленія описывается такъ: „И въ той часъ бысть тишина велія и не бысть молніи и грому и разводящеся облацы огненніи на всѣ страны и пойдоста на мѣста пустынная и тамо попалиша многія лѣсы и дебри, тѣмъ же многимъ и безчисленнымъ каменіемъ ови древеса изъ корени избиша, а иныя въ полы поломиша“.

Составъ метеоритовъ.

Познакомимся съ химическимъ составомъ метеоритовъ. Многочисленные анализы, произведенные цѣлымъ рядомъ изслѣдователей, привели къ поразительнымъ результатамъ: оказывается, что камни, прилетѣвшіе къ намъ изъ невѣдомыхъ областей мірового пространства, *не содержатъ ни одного элемента, котораго не было бы на землѣ*. Съ точностью доказано въ метеоритахъ присутствіе слѣдующихъ составныхъ частей:

водорода,	хлора,	кремнія,	алюминія,	хрома,	мѣди,
кислорода,	фосфора,	калія,	магнія,	кобальта,	олова,
азота,	мышьяка,	натрія,	марганца,	никкеля,	титана.
сѣры,	углерода,	кальція,	желѣза,		

Кромѣ того, *Локіеръ* путемъ спектральнаго анализа доказалъ присутствіе въ метеоритахъ стронція, барія, цинка, висмута и литія.

Такимъ образомъ въ составъ метеоритовъ входитъ менѣе трети извѣстныхъ на землѣ элементовъ. Удивляться незначительности этого числа нельзя въ виду уже небольшого числа метеоритовъ; безъ сомнѣнія, дальнѣйшіе анализы покажутъ присутствіе въ нихъ и другихъ элементовъ. Желѣзо, магній и кремній наиболѣе распространены на землѣ и принимаютъ важное участіе въ ея составѣ. То же самое

На берегу Сухоны, въ Великомъ Устюгѣ, въ оградѣ церкви Прокопія Праведнаго лежитъ на пьедесталѣ камень кругловатаго очертанія. Уже одна выставка его въ этомъ священномъ мѣстѣ указываетъ на его особенное значеніе. Среди устюжанъ сохранилось преданіе, будто этотъ камень происходитъ изъ той каменно-огненной тучи, которая въ 1290 г. угрожала В. Устюгу полнымъ разрушеніемъ и которая была „отведена" отъ города молитвами св. Прокопія Праведнаго. Имѣется даже въ историческихъ документахъ указаніе на такое происхожденіе его: по свидѣтельству мѣстнаго священника, камень „привезенъ 1 ноября 1638 г. изъ Катавальской волости — изъ числа выпавшихъ въ 1290 г." Но при ближайшемъ изслѣдованіи этотъ камень оказался просто глыбой краснаго гранита. Вѣроятно, при перевозкѣ въ 1638 г. была сдѣлана ошибка: вмѣсто метеорита взяли простой валунъ.

Лѣтопись сообщаетъ еще о двухъ паденіяхъ несохранившихся метеоритовъ. Въ 1421 г. мая 11 въ Новгородѣ произошло „знаменіе страшно зело": „въ полунощи бысть трусъ велій, на воздусе взыде туча с полудне темна сильно зело с громомъ страшнымъ и с молніями блистающими, якожъ и прозрѣти немочно бѣ, и чающимъ человѣкомъ сожженнымъ быти отъ огня онаго. И пришедъ ста надъ градомъ и измѣнисъ туча отъ дожденосня на огненное видѣние; людиежъ всяко чающе пламеню быти пожигающу... И бысть дождь многъ и градъ велій, *і камение являшесь изо облака спадшее на землю*". Другое историческое паденіе метеорита, о которомъ сообщаетъ лѣтопись, происходило въ 1162 г. 22 ноября въ Бѣлозерскомъ уѣздѣ. По преданію, два изъ выпавшихъ метеоритовъ были отнесены въ монастырь къ настоятелю „и одинъ вкладенъ въ стѣну, а другой положенъ на паперти" Эти камни изслѣдованію подвергнуты не были.

Первымъ изъ найденныхъ въ Россіи метеоритовъ является такъ называемое Палласово желѣзо. Оно было открыто въ 1749 г. оберштейгеромъ Меттихомъ въ Енисейской губерніи на горномъ кряжѣ, лежащемъ между рѣками Убей и Сисмесомъ, притоками Енисея. Въ 1771 г. Палласъ доказалъ метеорное происхожденіе этого желѣза и поручилъ перевезти его изъ Енисейской губерніи въ г. Красноярскъ, лежащій отъ первоначальнаго мѣстонахожденія въ 250 верстахъ. Отсюда метеоритъ и считается найденнымъ въ Красноярскѣ. Первоначальный вѣсъ его 42 пуда. Главная масса Палласова желѣза хранится въ Академіи Наукъ. Когда упало это желѣзо, — неизвѣстно.

Слѣдующимъ по времени является тотъ метеоритъ, который упалъ между селеніями Ягайловка и Лебединымъ, Харьковской губерніи, Сумскаго уѣзда, 1 октября 1787 г., въ 3 часа дня. Съ тѣхъ поръ въ Россіи происходило болѣе пятидесяти паденій, метеориты которыхъ извѣстны. *Прим. перев.*

видимъ мы и въ метеоритахъ; напротивъ того, кальцій, калій, натрій и алюминій находятся въ метеоритахъ въ относительно меньшихъ количествахъ, чѣмъ на землѣ; драгоцѣнные металлы совсѣмъ отсутствуютъ, а никкель играетъ несравненно большую роль, чѣмъ въ горныхъ породахъ земли. Несмотря на эти частныя уклоненія, въ общемъ метеориты вполнѣ подтверждаютъ мысль объ единствѣ состава различныхъ міровыхъ тѣлъ, — мысль, выведенную путемъ спектральнаго анализа. Тѣ данныя, которыя мы получаемъ, изслѣдуя при помощи призмы свѣтъ солнца, неподвижныхъ звѣздъ и туманностей, блестяще подтверждаются анализомъ этихъ обломковъ кометъ. Но здѣсь мы можемъ идти и дальше: мы можемъ изслѣдовать, какъ группируются въ нихъ элементы въ простыя соединенія, минералы, и какъ изъ минераловъ составляются метеоритныя горныя породы *). Изслѣдованія, составляющія великую заслугу славнаго минералога *Густава Розе*, показали, что большая часть минераловъ, входящихъ въ составъ метеоритовъ, какъ по кристаллографической формѣ, такъ и по своему химическому составу, вполнѣ сходна съ минералами земли. Въ метеоритахъ найдены оливинъ, авгитъ, энстатитъ, анортитъ, тридимитъ, кварцъ, хромистый желѣзнякъ, магнитный колчеданъ, магнитный желѣзнякъ, графитъ, алмазъ, сѣрный колчеданъ (пиритъ) и, кромѣ того, неизвѣстные на нашей планетѣ минералы; къ числу послѣднихъ относятся никкелистое желѣзо, сѣрнистый кальцій, хлористое желѣзо (лаврентитъ), извѣстныя соединенія фосфора съ желѣзомъ и никкелемъ (шрейберзитъ) и сѣры съ желѣзомъ и хромомъ (добрелитъ). Троилитъ, односѣрнистое желѣзо, играетъ въ метеоритахъ важную роль, на землѣ же этотъ минералъ былъ наблюдаемъ только какъ спутникъ базальтоваго желѣза изъ Овифака.

Въ послѣднее время *Грэмъ* (Graham) сдѣлалъ замѣчательное открытіе: онъ нашелъ въ метеоритахъ поглощенные газы. Дальнѣйшія изслѣдованія, повторенныя другими учеными, показали, что эти газы при нагрѣваніи выдѣляются и состоятъ изъ водорода, углекислоты, углеводородовъ и азота. Эти факты, съ одной стороны, усиливаютъ сходство метеоритовъ съ магмой земныхъ вулкановъ, которая также содержитъ поглощенные газы, съ другой стороны — подтверждаютъ предполагаемую связь между метеоритами и кометами, которыя, какъ показываетъ спектральный анализъ, всегда содержатъ углеводороды.

По составу, метеориты могутъ быть разбиты на два различные типа: метеорное желѣзо и метеорные камни. Первое состоитъ изъ самороднаго желѣза съ замѣтнымъ содержаніемъ никкеля и съ ничтожными подмѣсями сѣры, фосфора, а часто и углерода. Иногда весь метеоритъ обладаетъ одинаковымъ составомъ и можетъ быть разсматриваемъ, какъ обломокъ цѣлаго кристалла. Въ большинствѣ же случаевъ метеорное желѣзо состоитъ изъ тонкихъ, лежащихъ другъ на другѣ пластинокъ; послѣднія группируются по законамъ кристаллографіи и отличаются между собой содержаніемъ никкеля, фосфора и сѣры. Послѣдствіемъ этихъ незначительныхъ различій состава является то обстоятельство, что отдѣльныя пластинки желѣза съ неодинаковой скоростью и силою растворяются кислотами. Если распилить кусокъ метеорнаго желѣза и дѣйствовать азотной кислотой на отполированную поверхность его, то на послѣдней внезапно выступитъ характерное пластинчатое строеніе; это объясняется тѣмъ, что однѣ пластинки сильнѣе разъѣдаются кислотой,

*) Въ сущности, самъ *метеоритъ* составляетъ горную породу; горныя породы земли, въ противуположность метеоритамъ, называются *теллуритами*. *Прим. перев.*

другія слабѣе; получаются своеобразныя *Видманштетовы* фигуры, названныя такъ по имени открывшаго ихъ ученаго (рис. 134). *Добре, Мёнье* и *Лоренцу Смиту* удалось искусственно воспроизвести это явленіе посредствомъ сплавленія желѣза съ никкелемъ, сѣрнистымъ желѣзомъ, фосфористымъ желѣзомъ или съ кремніемъ; но въ природѣ ни на одномъ изъ земныхъ тѣлъ Видманштетовы фигуры не наблюдались, а потому можно принять, что всѣ массы желѣза, находимыя на земной поверхности и дающія эти фигуры, принадлежатъ метеоритамъ. Такимъ образомъ было доказано космическое происхожденіе многихъ массъ желѣза, хотя дѣйствительное паденіе ихъ наблюдалось очень рѣдко (Грашина у Загреба 1751 г., Тенесси 1835 г., Браунау въ Чехіи 1845 г.).

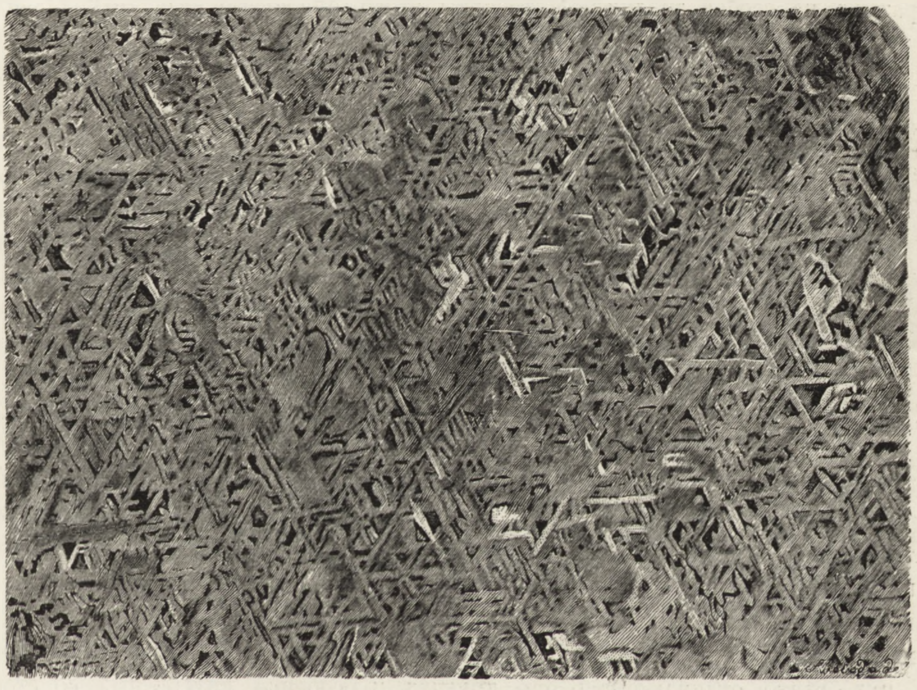


Рис. 134. Видманштетовы фигуры на метеорномъ желѣзѣ.

Метеорное желѣзо представляетъ интересъ не только для геологовъ, но и для историковъ культуры. Въ обыденной жизни желѣзо самый необходимый металлъ; оно не встрѣчается на землѣ въ самородномъ видѣ, добываніе же его изъ рудъ требуетъ относительно высокой степени культуры; поэтому у всѣхъ народовъ значительно раньше появляется бронза и служитъ для выдѣлки всевозможныхъ орудій и украшеній. Метеорное желѣзо съ давнихъ временъ находилось подъ рукою человѣка; нѣкоторыя дикія племена, стоящія на очень низкихъ ступеняхъ развитія, обрабатываютъ его; такъ, напр., эскимосы въ Гренландіи, кромѣ того желѣза, которое они собираютъ на потерпѣвшихъ крушеніе корабляхъ, пользуются метеорнымъ желѣзомъ (рис. 135). На Мадагаскарѣ наконечники стрѣлъ дѣлаются изъ того же металла. Весьма возможно, что вообще люди познакомились съ желѣзомъ и его употребленіемъ, благодаря метеорнымъ массамъ, находимымъ на землѣ, и только впослѣдствіи научились добывать его изъ рудъ.

Какъ ни рѣзко отличается метеорное желѣзо отъ метеорныхъ камней, тѣмъ не менѣе существуютъ и переходныя формы. Попадаются метеориты, въ которыхъ желѣзо образуетъ основную массу; въ ней наблюдаются кристаллы и кристаллическія зерна оливина, минерала, состоящаго изъ окиси магнія и кремнекислоты. Въ прошломъ столѣтіи нѣмецкимъ естествоиспытателемъ *Палласомъ* во время его путешествія по Россіи былъ найденъ первый и знаменитый представитель этого типа метеоритовъ: находка была сдѣлана въ Сибири близъ Красноярска, недалеко отъ берега Енисея; масса достигала 1,600 русскихъ фунтовъ; окрестные жители почитали ее, какъ священный предметъ небеснаго происхожденія. Это такъ называемое Палласово желѣзо въ исторіи науки представляетъ чрезвычайно большой интересъ; оно побудило *Хладни* начать его знаменитыя изслѣдованія (кусокъ Палласова желѣза изображенъ на особой таблицѣ). Метеориты этого типа носятъ названіе палласитовъ.

Рис. 135. Наконечникъ стрѣлы изъ Гренландіи, сдѣланный изъ метеорнаго желѣза.

Мезосидериты,—зернистыя массы желѣза, наполовину содержащія оливинъ или другіе неметаллическіе минералы,—представляютъ переходъ къ настоящимъ метеорнымъ камнямъ, въ которыхъ желѣзо хотя и содержится, но только въ очень незначительныхъ количествахъ. Въ ряду послѣднихъ самымъ обычнымъ типомъ являются хондриты; они состоятъ изъ мелкозернистой сѣрой или черной массы, напоминающей вулканическіе туфы; въ ней замѣтны своеобразные шарики и зерна оливина, бронзита, никкелистаго желѣза и др.; происхожденіе этихъ зеренъ еще недостаточно выяснено (см. рис. 136). Съ земными горными породами хондриты не представляютъ никакого близкаго сходства; наоборотъ, нѣкоторые другіе метеориты, особенно такъ называемый эвкритъ, состоящій изъ анортита (известковаго полевого шпата) и авгита, представляютъ много сходнаго съ горными породами земли (напримѣръ, съ нѣкоторыми лавами Исландіи). Далѣе слѣдуетъ назвать метеоритъ Шассиньи, состоящій изъ оливина со включеннымъ въ него хромистымъ желѣзнякомъ; онъ не отличается почти ничѣмъ отъ весьма распространенныхъ на землѣ оливиновыхъ породъ. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали перечислять всѣ менѣе важныя видоизмѣненія метеоритовъ; мы укажемъ еще только одинъ видъ ихъ, рѣзко отличающійся отъ другихъ и особенно интересный со стороны своего состава; это—такъ называемые *углистые метеориты;* примѣромъ ихъ могутъ служить метеориты Алэ во Франціи (1806 г.), Кольдъ-Боккефельда (Холоднаго Боккефельда) въ Капской землѣ (1838 г.), Кабы близъ Дебрецина въ Венгріи (1857 г.) и Оргейля во Франціи (1864 г.). Они представляютъ землистую разсыпчатую массу и содержатъ соединенія угля съ водородомъ и кислородомъ; природа этихъ соединеній не опредѣлена *).

Особенный интересъ представляютъ метеориты въ виду ихъ *сходства съ образованіями, находимыми на землѣ;* путемъ сравненія мы можемъ сдѣлать много важныхъ заключеній о тѣхъ свойствахъ нашей планеты, которыя не подлежатъ непосредственному наблюденію.

---

*) Въ этомъ отношеніи особеннаго вниманія заслуживаетъ *Новоурейскій* метеоритъ, выпавшій 10 сентября 1886 г. въ 7 час. утра въ Пензенской губ. Краснослободскаго уѣзда и вѣсившій 1,900 килограммовъ. Какъ показали изслѣдованія *Ерофѣева* и *Лачинова*, этотъ метеоритъ содержалъ въ себѣ не только простой уголь, но и *алмазъ*. *Прим. перев.*

Сравнивая составныя части земли съ метеоритами, мы не находимъ въ послѣднихъ ничего напоминающаго атмосферу или море; точно также мы не находимъ въ нихъ осадочныхъ породъ, содержащихъ окаменѣлости, каковы: известнякъ, песчаникъ, глина и др. Всячески старались найти въ метеоритахъ какія-нибудь указанія на органическую жизнь, но старанія эти не увѣнчались успѣхомъ; только углистые метеориты представляютъ въ своемъ составѣ какъ бы нѣкоторые слѣды живыхъ существъ *). Но *отсутствіе слѣдовъ организмовъ* еще ничего не говоритъ противъ возможности населенія. Прежде, чѣмъ достигнуть земли, метеориты двигались въ холодномъ міровомъ пространствѣ, вдали отъ солнца и другихъ испускающихъ тепло звѣздъ, и обладали температурой градусовъ на 100 ниже точки замерзанія; отсюда невѣроятно допустить существованіе на нихъ живыхъ существъ; метеоритъ Квенгука тотчасъ послѣ паденія былъ такъ холоденъ, что при прикосновеніи къ нему въ пальцахъ терялась всякая чувствительность. А если на метеоритахъ и существуютъ организмы, то во всякомъ случаѣ условія ихъ жизни такъ отличны отъ нашихъ, что мы не можемъ составить о нихъ никакого представленія. Высказывалось предположеніе, что первые организмы были занесены на землю метеоритами; въ виду сказаннаго оно представляется невѣроятнымъ. Граниты, залегающіе подъ всѣми слоистыми породами, почти совсѣмъ отсутствуютъ въ метеоритахъ; послѣдніе содержатъ только анортитовыя и оливиновыя горныя породы, которыя на земную поверхность выносятся вулканическими изверженіями и находятся внутри земли въ большихъ количествахъ.

Рис. 136. Хондритъ.

До сихъ поръ сравненіе метеоритовъ съ земными горными породами не представляло трудностей, но какъ только мы коснемся метеорнаго желѣза, сейчасъ же выступаетъ цѣлый рядъ неразрѣшимыхъ вопросовъ. На первый взглядъ кажется, что оно не имѣетъ никакой родственной связи съ породами, принимающими существенное участіе въ строеніи земли: самородное желѣзо встрѣчается очень рѣдко, и нѣсколько лѣтъ тому назадъ его вовсе не считали составною частью земли. Но многія соображенія не позволяютъ дѣлать столь быстрыя заключенія. Говоря о вѣсѣ земли, мы узнаемъ, что онъ гораздо больше того вѣса, который мы могли бы вычислить, предположивъ, что вся масса нашей планеты состоитъ изъ тѣхъ же горныхъ породъ, которыя мы находимъ на ея поверхности.

Извѣстно, что различныя вещества при одинаковомъ объемѣ обладаютъ неодинаковымъ вѣсомъ: если сдѣлать кубики одинаковыхъ размѣровъ изъ дерева, мрамора, желѣза, то они не будутъ равны по вѣсу: вещества эти обладаютъ различною плотностью или, какъ обыкновенно говорятъ, различнымъ *удѣльнымъ вѣсомъ*. Мѣрою удѣльнаго вѣса всѣхъ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ служитъ 1 куб. сант. химически чистой воды, вѣсящій, какъ извѣстно, 1 гр. Принявъ плотность воды за единицу и зная, во сколько разъ данное вещество тяжелѣе ея, мы найдемъ его удѣльный

*) Въ послѣднее время появилось большое сочиненіе Гана; путемъ микроскопическаго изслѣдованія хондритовъ онъ пытается доказать присутствіе въ нихъ различныхъ организмовъ, близкихъ къ земнымъ (губки, кораллы, морскія лиліи), но приводимые имъ доводы не убѣдительны.

вѣсъ. 1 куб. сант. извести вѣситъ 2,9 гр.: онъ въ 2,9 разъ тяжелѣе 1 куб сант. воды; поэтому говорятъ, что удѣльный вѣсъ извести равенъ 2,9; 1 куб. сант. золота вѣситъ 19,4 гр.: его удѣльный вѣсъ 19.4.

Путемъ сложныхъ опытовъ удалось опредѣлить удѣльный вѣсъ земли: его принимаютъ 5,5; это значитъ, что земной шаръ въ $5^1/_2$ разъ тяжелѣе химически чистой воды того же объема. Но изъ числа горныхъ породъ, образующихъ земную кору, ни одна не обладаетъ столь большимъ удѣльнымъ вѣсомъ. Если, съ другой стороны, мы опредѣлимъ удѣльный вѣсъ главныхъ горныхъ породъ, принимающихъ важное участіе въ составѣ земли, то окажется, что онѣ тѣмъ тяжелѣе, чѣмъ глубже лежатъ: такъ, напримѣръ, удѣльный вѣсъ осадочныхъ породъ, въ среднемъ, 2,6,

Рис. 137. Желѣзныя глыбы въ Овифакѣ (по Натгорсту).

гранита — 2,7, базальта уже 3, а оливиновыхъ горныхъ породъ 3,3—3,5. Отсюда можно сдѣлать выводъ, что внутри земли ниже оливиновой области находятся массы болѣе высокаго удѣльнаго вѣса; благодаря имъ, плотность земли и достигаетъ въ общемъ 5,5. Такимъ удѣльнымъ вѣсомъ обладаютъ только тяжелые металлы, а потому почти всѣ геологи и предполагаютъ, что ядро земли изъ нихъ и состоитъ; такъ какъ среди этихъ металловъ самымъ распространеннымъ является желѣзо, то въ высшей степени вѣроятно, что этотъ металлъ принимаетъ главное участіе въ образованіи внутренности земли. Малая распространенность самороднаго желѣза на земной поверхности объясняется, съ одной стороны тѣмъ, что изверженія большихъ глубинъ рѣдко достигаютъ поверхности; съ другой стороны, желѣзо плохо сохраняется во влажномъ воздухѣ и легко окисляется.

Чрезвычайно важное значеніе имѣетъ находка знаменитаго шведскаго путешественника *Норденшёльда,* сдѣланная нѣсколько лѣтъ назадъ и удивившая весь

ученый міръ. Въ 1870 г. Норденшёльдъ сообщилъ, что на берегу Гренландскаго острова Диско, въ мѣстечкѣ Овифакъ или Уикфакъ, имъ найдены огромныя глыбы желѣза, изъ которыхъ одна вѣситъ 21,000 килогр., а другая 8,000 кгр. (см. рис. 137). По сообщенію Норденшёльда, въ этомъ мѣстѣ проходятъ двѣ базальтовыя жилы; онѣ окружаютъ одинъ кусокъ самороднаго желѣза и сверху покрыты многочисленными мелкими блестками желѣза. По своему химическому составу металлъ представлялъ большое сходство съ метеоритами: онъ содержалъ никкель и троилитъ. Отдѣльные куски желѣза были окружены эвкритомъ, минераломъ, одинаково находимымъ и въ метеоритахъ и на землѣ. Норденшёльдъ, описывая свою находку, предложилъ два объясненія ея происхожденія: или базальтъ при своемъ изверженіи извлекъ извнутри земли массы желѣза и вынесъ ихъ на поверхность, или же во времена базальтовыхъ изверженій упало много метеоритовъ, при чемъ массы желѣза и эвкрита внѣдрились въ мягкій и неуспѣвшій отвердѣть еще базальтъ. Шведское правительство отправило новую экспедицію въ Овифакъ, чтобы взять оттуда большіе куски и подвергнуть ихъ изслѣдованіямъ, которыя Норденшёльдъ не могъ произвести. Мелкимъ желѣзнымъ блесткамъ на базальтѣ трудно было приписать метеорное происхожденіе; наблюденія *Стенструпа* показали, что распространеніе желѣза ограничено исключительно Овифакомъ и что въ другихъ мѣстахъ острова Диско базальты содержатъ только незначительныя количества этого металла, повидимому не обладающія космическимъ происхожденіемъ. Желѣзо Овифака вылилось, вѣроятно, изъ внутренности земли и представляетъ образецъ той тяжелой массы, несомнѣнность которой вытекаетъ изъ величины удѣльнаго вѣса земли: такимъ образомъ, метеориты представляютъ поразительное сходство и съ тѣми породами, которыя образуютъ внутренность земного шара.

Факты, съ которыми мы познакомились, имѣютъ чрезвычайно важное значеніе: метеориты показываютъ, что кометы состоятъ изъ тѣхъ же элементовъ и въ большинствѣ случаевъ изъ тѣхъ же минераловъ и горныхъ породъ, которые мы находимъ на землѣ и особенно въ ея глубинѣ; спектральный анализъ съ несомнѣнностью выяснилъ, что тѣ же земные элементы входятъ въ составъ солнца, звѣздъ и туманностей. Такимъ образомъ *во всей вселенной,* всюду, куда только проникъ глазъ человѣка, мы наблюдаемъ полное *единство матеріи.*

---

2. Физическія свойства земли.

Форма и величина земли. — Вѣсъ земли. — Температура внутри земли. — Толщина земной коры и состояніе внутренности земнаго шара.

Форма и величина земли.

Кругъ вопросовъ, занимающихъ насъ, постепенно суживается; мы начали съ разсмотрѣнія всѣхъ видимыхъ міровыхъ тѣлъ, съ далекихъ отъ насъ туманностей и солнцъ, затѣмъ ограничились предѣлами нашей планетной системы и, переходя постепенно къ болѣе близкимъ представителямъ ея, достигли, наконецъ, земли. На ней мы и остановимъ теперь наше вниманіе. Прежде всего мы представимъ въ общихъ чертахъ картину современнаго состоянія нашей планеты; мы будемъ

имѣть дѣло съ готовыми, вполнѣ сложившимися свойствами ея: о томъ, какъ земля произошла и развивалась, говоритъ уже геологія.

По самымъ первымъ, дѣтски наивнымъ представленіямъ, земля является плоскимъ кругомъ, со всѣхъ сторонъ омываемымъ водою; но уже у классическихъ народовъ, по крайней мѣрѣ, среди ученыхъ, мало-по-малу слагалось убѣжденіе о шарообразности земли. Съ именами Пиѳагора, Парменида, Архимеда, Птолемея связывается мысль о первомъ его возникновеніи. Въ эпоху возрожденія наукъ на западѣ эта идея воскресаетъ, и вѣра въ глубокую несомнѣнность ея заставляетъ Колумба отправиться въ далекое путешествіе на неизвѣстный западъ и искать новую дорогу въ Индію; наконецъ, первое кругосвѣтное путешествіе *Магеллана* явилось несомнѣннымъ и нагляднымъ доказательствомъ шарообразности земли.

Но этимъ пытливость человѣка не была еще удовлетворена: онъ задался цѣлью опредѣлить *величину земного шара.* Уже лѣтъ за 200 до Р. Хр. рѣшеніемъ этой важной задачи занимался ученый, работы котораго принадлежатъ къ числу блестящихъ изслѣдованій древности и имя котораго въ исторіи науки окружено неувядаемою славою. Это — аѳинянинъ *Эратосѳенъ,* библіотекарь въ Александріи. Располагая самыми ничтожными средствами, исключительно руководимый своимъ геніемъ, онъ впервые предпринялъ измѣренія, которыя мы теперь называемъ *измѣреніемъ градуса меридіана.*

Опредѣлить величину земли, измѣривъ одинъ изъ большихъ круговъ ея на всемъ протяженіи, конечно, невозможно; необходимо найти астрономическимъ путемъ географическое положеніе двухъ мѣстъ и разстояніе между ними непосредственно измѣрить. На основаніи этихъ данныхъ будетъ возможно вычислить величину одного градуса, т.-е. $^1/_{360}$ земной окружности, а затѣмъ уже и величину всего меридіана. Эратосѳенъ измѣрилъ длину тѣни, которую отбрасывалъ на землю перпендикулярный шестъ (гномонъ); измѣреніе было произведено въ Александріи въ самый длинный день года около полудня; уже тогда было извѣстно, что въ это же время подъ тропикомъ у Сіены (нынѣшняго Ассуана) въ верхнемъ Египтѣ солнце находится въ зенитѣ, и потому вертикально стоящій предметъ вовсе не отбрасываетъ тѣни. По этимъ двумъ даннымъ Эратосѳенъ нашелъ, что разстояніе между Александріей и тропикомъ равняется $7^0 12'$. Съ другой стороны, тщательныя измѣренія, предпринятыя египетскимъ правительствомъ, привели къ непосредственному опредѣленію разстоянія между Александріей и Сіеной; такимъ образомъ имѣлись на лицо всѣ данныя для нахожденія величины градуса меридіана. По вычисленіямъ Эратосѳена онъ равенъ 700 стадіямъ; отсюда окружность земли = 700. 360 = 252,000 стадій; Александрійская стадія = $158^1/_4$ м.; выразивъ вычисленную Эратосѳеномъ величину въ современныхъ мѣрахъ, мы найдемъ, что она = 5,323 геогр. мили; это число такъ мало отличается отъ истинныхъ размѣровъ земного меридіана (5,400 м.), что мы можемъ только удивляться точности, которая была достигнута столь несовершенными средствами. Конечно, результатъ оказался правильнымъ, благодаря счастливой случайности: ошибки, сдѣланныя при опредѣленіи географической широты и при измѣреніи разстоянія, взаимно уничтожились. Тѣмъ не менѣе, поразительная близость найденной величины къ дѣйствительной заставляетъ невольно усумниться въ справедливости сообщенія Клеомеда, отъ котораго мы и узнаемъ, что для опредѣленія широты Александріи Эратосѳенъ пользовался только измѣреніемъ тѣни, отброшенной гномономъ.

Измѣренія градуса, произведенныя арабскими астрономами по приказанію халифа *Мамуна* въ IX в. и французскимъ врачомъ и математикомъ *Фернелемъ* между Парижемъ и Амьеномъ въ 1525 г., не представляли никакихъ успѣховъ сравнительно съ изслѣдованіями Эратосѳена; съ достаточнымъ основаніемъ можно утверждать, что въ обоихъ случаяхъ данныя александрійскаго ученаго были просто переведены на современныя мѣры. Новая эпоха въ исторіи вопроса начинается работами голландца *Снеллiуса*, который въ 1615 г. впервые произвелъ тригонометрическое опредѣленіе земной дуги между Бергеномъ и Алькмаромъ въ Голландіи и примѣнилъ для этого методъ, имѣющій широкое распространеніе и въ настоящее время. Сущность его въ слѣдующемъ: измѣряется произвольно взятая основная линія; если съ концовъ ея визировать нѣкоторую отдаленную точку, то получится треугольникъ, въ которомъ извѣстна сторона и два угла; по этимъ даннымъ не трудно вычислить величину неизвѣстныхъ сторонъ и получить такимъ образомъ три линіи извѣстной величины; если съ концовъ послѣднихъ визировать опять нѣкоторыя точки и, вычисливъ полученные треугольники, повторить тѣ же манипуляціи, то можно всю мѣстность покрыть сѣтью треугольниковъ и опредѣлить, наконецъ, разстояніе между тѣми точками, которыя избраны для измѣренія градуса. Для провѣрки вычисленій непосредственно измѣряется одна изъ сторонъ треугольниковъ. Этотъ пріемъ очень простъ въ теоріи, но примѣненіе его встрѣчаетъ цѣлый рядъ затрудненій: неправильная форма земной поверхности, вліяніе температуры на измѣрительные приборы и цѣлый рядъ другихъ условій мѣшаютъ точности измѣреній; всѣ эти источники ошибокъ должны быть предусмотрѣны и устранены. При измѣреніяхъ градуса, произведенныхъ въ Испаніи, основаніе равнялось $14^1/_2$ км., ошибка же не достигала и 3 мм.; отсюда понятно, что градусныя измѣренія при современныхъ требованіяхъ науки принадлежатъ къ числу труднѣйшихъ задачъ естествознанія, которыя могутъ быть выполнены только при большихъ средствахъ. Методъ Снелліуса былъ усовершенствованъ французами, которые впервые получили съ его помощью результаты первостепенной важности. Огромное значеніе имѣли измѣренія *Пикара*, произведенныя въ 1669—1670 гг. между Амьеномъ и Мальвуазиной: позднѣе французская тріангуляціонная сѣть значительно расширилась и охватила все пространство отъ Дюнкирхена на проливѣ Па-де-Кале до Средиземнаго моря.

При всѣхъ градусныхъ измѣреніяхъ первоначально предполагалось, что земля представляетъ *вполнѣ правильный шаръ*, но скоро это допущеніе оказалось невѣрнымъ. Было замѣчено, что часы съ маятникомъ, совершающимъ въ нашихъ широтахъ свой размахъ ровно въ секунду, у экватора отстаютъ, и для сообщенія имъ правильнаго хода необходимо нѣсколько укоротить маятникъ. Для изслѣдованія этого факта французская академія отправила въ Кайену экспедицію съ *Рише* (Richer) во главѣ; послѣдняя нашла, что скорость качаній секунднаго маятника остается неизмѣнной, если длина его будетъ уменьшена на $1^3/_4$ линіи.

Колебанія маятника происходятъ вслѣдствіе земного притяженія; и если въ какой нибудь мѣстности движеніе замедляется, то это показываетъ, что здѣсь величина земного притяженія меньше, чѣмъ въ другихъ точкахъ земной поверхности. Притягательная сила земли ослабѣваетъ по мѣрѣ удаленія отъ центра; отсюда слѣдуетъ, что земля не представляетъ правильнаго шара: она растянута у экватора, сплюснута у полюсовъ и обладаетъ формою такъ называемаго *эллипсоида*

вращенія, т. е. напоминаетъ апельсинъ. Къ этому же выводу пришли *Ньютонъ* и *Гюйгенсъ* чисто теоретическимъ путемъ, предположивъ, что земля первоначально находилась въ жидкомъ или, по крайней мѣрѣ, въ пластическомъ состояніи. Вращаясь около оси, она подъ вліяніемъ центробѣжной силы приняла форму эллипсоида вращенія. Если бы земля на самомъ дѣлѣ не обладала этой формой, то вода должна была бы собраться у экватора и залить материки; наоборотъ, полярныя страны были бы совсѣмъ лишены морей.

Измѣренія градусовъ, произведенныя до сихъ поръ, не имѣли никакого значенія для рѣшенія этого вопроса. Если земля у полюсовъ сплюснута, то градусы меридіана должны становиться короче по мѣрѣ приближенія къ экватору; французскія измѣренія показали даже обратное: было найдено, что въ южной части этой страны градусъ меридіана нѣсколько длиннѣе, чѣмъ въ сѣверной. Это заставило французскаго астронома *Кассини* выступить энергичнымъ противникомъ Ньютона и Гюйгенса; онъ утверждалъ, что земля у экватора сплюснута и у полюсовъ вытянута, т.-е, напоминаетъ лимонъ. Но способы измѣреній въ то время были слишкомъ далеки отъ совершенства, и опредѣлить точно различія въ величинѣ градусовъ столь близкихъ мѣстностей, какъ сѣверная и южная Франція, представлялось очень труднымъ. Для рѣшенія возникшаго спора французская академія нашла необходимымъ измѣрить меридіанъ въ двухъ значительно удаленныхъ мѣстностяхъ,—одно у экватора въ Перу, другое—на крайнемъ сѣверѣ въ Лапландіи. *Буге* и *Кондаминъ* отправились съ этой цѣлью въ 1735 г. въ Квито, а *Мопертюи* и *Клеро* въ 1736 г. въ Лапландію. Здѣсь они производили свои знаменитыя работы, которыя хотя и не удовлетворяютъ современнымъ требованіямъ, но для того времени дали весьма важные результаты и съ несомнѣнностью доказали, что земля сплюснута у полюсовъ. Градусъ меридіана въ Лапландіи оказался равнымъ 57,437 туазамъ, а въ Перу 56,753 (туазъ=6 парижскимъ футамъ). Еще успѣшнѣе были измѣренія градуса, произведенныя во Франціи вторично. Въ 1790 г. національное собраніе рѣшило ввести новую естественную систему мѣръ. За основную единицу приняли сорокамилліонную часть земного меридіана и назвали ее *метромъ*. Мы знаемъ теперь, что метръ, въ томъ видѣ, какъ онъ былъ тогда опредѣленъ, не воспроизводитъ въ точности этой величины. Попытка создать новую естественную систему мѣръ оказалась неудачной, но измѣренія градуса между Дюнкирхеномъ и Барцелоной, произведенныя для этой цѣли улучшеннымъ способомъ, имѣли важное значеніе для науки *).

---

*) Въ Россіи произведено три большихъ градусныхъ измѣренія: одно вдоль меридіана Юрьева (Дерпта) и два по параллелямъ подъ 52^0 и $47^1/_2{}^0$ с. ш. Первымъ по времени было измѣреніе по дугѣ меридіана, исполненное подъ руководствомъ *В. Я. Струве* и *Теннера* и обнимающее періодъ времени почти въ 40 лѣтъ (1816—1855 г.). Раньше существовали только попытки градусныхъ измѣреній въ Россіи. Академикъ *Делилль* въ своей рѣчи „Projet de la mesure de la Terre en Russie", читанной въ январѣ 1737 г., обратилъ вниманіе Академіи на удобство измѣренія дуги вдоль меридіана С.-Петербурга черезъ западныя губерніи. Онъ началъ свои работы въ 1737 г. и измѣрилъ базисъ, длиною въ $13^1/_2$ верстъ, деревянными шестами по льду Финскаго залива, между Дубками на о-вѣ Ретузарѣ и Петергофомъ. Въ 1797 г. работы прекратились: путешествіе Делилля въ Сибирь отвлекло его отъ начатаго предпріятія. Другой тоже невыполненный проектъ измѣренія дуги меридіана принадлежалъ *Линденау* (1814 г.). Только В. Я. Струве удалось впервые произвести вполнѣ законченное измѣреніе градуса. Еще девятнадцатилѣтнимъ

Съ тѣхъ поръ градусныя измѣренія производятся во многихъ странахъ, и тріангуляціонная сѣть широко раскинулась отъ Сѣвернаго Ледовитаго океана до южной оконечности Европы и отъ береговъ Атлантическаго океана до границъ Сибири; даже въ Остъ-Индіи измѣрена очень большая дуга меридіана. Эти работы стали особенно развиваться съ тѣхъ поръ, какъ по предложенію генерала Бейера въ Берлинѣ завѣдываніе ими приняла международная геодезическая коммиссія. Хотя точность измѣреній постоянно возрастаетъ, и области изслѣдованій съ каждымъ днемъ расширяются, но полученные результаты не соотвѣтствуютъ ожиданіямъ. Вмѣсто предполагаемыхъ совпаденій съ вычисленными цифрами получаются сильныя уклоненія. На основаніи наблюденій надъ колебаніями маятника сжатіе земли у полюсовъ $= {}^1/_{288}$; Бессель же въ 1841 г., исходя изъ 10 извѣстныхъ тогда и произвольно имъ выбранныхъ градусныхъ измѣреній, вычислилъ слѣдующія величины:

Радіусъ земли отъ центра до экватора . . . . . 6.377,379 м.
Радіусъ земли отъ центра до полюса . . . . . 6.356,079 м
Сжатіе у обоихъ полюсовъ . . . . 21,318 м. $= {}^1/_{299}$

Въ 1878 г. Клеркъ на основаніи всѣхъ наиболѣе точныхъ измѣреній получилъ слѣдующія цифры:

Радіусъ у экватора . . . . 6.378,190 м.
Радіусъ у полюсовъ . . . . 6.356,455 м.
Сжатіе . . . . 21,735 м. $= {}^1/_{293}$

юношей задумалъ онъ свой колоссальный трудъ и напечаталъ окончательный результатъ въ 1861 г., когда ему исполнилось 60 лѣтъ. Сочиненіе его, вышедшее подъ заглавіемъ „Дуга меридіана въ 25° 20′ между Дунаемъ и Ледовитымъ моремъ“, представляетъ одинъ изъ классическихъ трудовъ по геодезіи. Измѣренная дуга меридіана простирается отъ Торнео до Дуная, обнимаетъ $20^1/_2$ градусовъ, или слишкомъ 2000 верстъ, и заключаетъ 8 базисовъ съ 245 треугольниками; на протяженіи ея лежатъ 11 астрономическихъ точекъ, широта которыхъ и азимутъ точно опредѣлены: Торнео, Килпи-меки, Гохландъ, Юрьевъ (Дерптъ), Якобштадтъ, Немѣжъ, Бѣлинъ, Кременецъ, Супрунковцы, Водолуй и Измаилъ.

По мысли В. Я. Струве производились также измѣренія параллели подъ 47° с. ш. Тригонометрическія работы начались въ 1849 г. въ Новороссійскомъ краѣ. Въ 1856 году рядъ треугольниковъ простирался уже до Астрахани, а въ слѣдующемъ 1857 году В. Я. Струве заручился содѣйствіемъ западно-европейскихъ ученыхъ и правительствъ для градуснаго измѣренія по дугѣ параллели между Атлантическимъ океаномъ и Каспійскимъ моремъ подъ 47°; болѣзнь В. Я. Струве помѣшала окончанію предпріятія, а вскорѣ затѣмъ проектъ градуснаго измѣренія по 47 параллели былъ оставленъ.

Градусныя измѣренія по 52 параллели, произведенныя русскими геодезистами, обнимаютъ періодъ времени главнымъ образомъ отъ 1827 по 1867 г. и совершенно оканчиваются въ 80-хъ годахъ. Измѣренная дуга заключаетъ семь базисовъ и 364 треугольника; на протяженіи ея лежатъ десять астрономическихъ точекъ: Ченстоховъ, Варшава, Гродно, Бобруйскъ, Орелъ, Липецкъ, Саратовъ, Самара, Оренбургъ и Орскъ.

Третье „южно-русское“ градусное измѣреніе дуги параллели $47^1/_2°$ с. ш. обнимаетъ по долготѣ дугу въ 19 градусовъ 12 минутъ (или около 1600 верстъ) и заключаетъ 196 треугольниковъ: тріангуляціонная сѣть, начинаясь у Астрахани, тянется на сѣверо-западъ по правому берегу рѣки Волги до г. Сарепты, переходитъ на правый берегъ р. Дона, опускается къ югу и слѣдуетъ между 47 и 48 параллелями до г. Кишинева, пересѣкая по пути Донецъ, Калміусъ, Днѣпръ, Бугъ и Днѣстръ.

На основаніи русскихъ градусныхъ измѣреній по параллелямъ и по тремъ дугамъ меридіановъ между этими параллелями были произведены измѣренія земного эллипсоида Полученное сжатіе сфероида = 1 : 299,7. Оно стоитъ близко къ выводамъ *Бесселя* а также къ сжатію, вычисленному *Бонсдорфомъ* изъ разсмотрѣнія одной дуги меридіана В. Я. Струве.

Прим. перв.

На первый взглядъ эти различія кажутся ничтожными, но если принять въ разсчетъ, что незначительное измѣненіе земного радіуса на 1 м. влечетъ за собою измѣненіе земной поверхности почти на 3 кв. мили, то станетъ яснымъ, что полученныя различія не лишены глубокаго значенія. Ихъ нельзя объяснить неточностью измѣреній и вычисленій; наоборотъ, все больше распространяется убѣжденіе, что различные результаты обусловливаются свойствами самой поверхности земли.

При всѣхъ геодезическихъ измѣреніяхъ имѣетъ весьма важное значеніе положеніе отвѣсной линіи. Предполагая, что внутри земли массы распредѣлены равномѣрно, долго думали, что она въ каждой данной точкѣ перпендикулярна къ идеальной поверхности земнаго шара. Но впослѣдствіи это оказалось невѣрнымъ. Основываясь на извѣстныхъ вычисленіяхъ, мы можемъ строить только догадки о распредѣленіи массъ внутри земли, но на поверхности, какъ показываетъ непосредственное наблюденіе, массы распредѣлены далеко не равномѣрно: большіе материки съ высокими горами, плоскогоріями и низменностями располагаются рядомъ съ глубокими морями и океанами; они состоятъ изъ твердыхъ массъ, которыя въ среднемъ въ $2,_6$—$2,_8$ разъ плотнѣе воды. Принимая въ разсчетъ и мѣстныя условія, можно сказать, что отвѣсная линія почти никогда не совпадаетъ съ перпендикулярами къ поверхности земного эллипсоида. Когда *Фишеръ* обратилъ вниманіе на дѣйствительное распредѣленіе массъ, всѣ измѣренія произведенныя до тѣхъ поръ были признаны неточными. При измѣреніи градуса результаты относились къ уровню моря, который разсматривался, какъ эллипсоидъ вращенія; если представить рядъ каналовъ, прорѣзывающихъ материки и всюду соединенныхъ съ моремъ, то предполагалось, что вода въ нихъ будетъ на одномъ уровнѣ; къ этой идеальной поверхности и относились всѣ измѣренія. Однако вблизи материковъ вода притягивается твердыми массами. Поэтому уровень моря и всѣхъ воображаемыхъ каналовъ не можетъ соотвѣтствовать эллипсоиду вращенія: у разныхъ береговъ онъ будетъ стоять на различной высотѣ, смотря по степени притяженія. Наблюденія надъ качаніями маятника, произведенныя на океаническихъ островахъ, повидимому, подтверждали эти соображенія; такъ, напр., секундный маятникъ на Бонинскихъ островахъ дѣлаетъ въ день 14,2 ударами больше, чѣмъ надо было бы ожидать, судя по географическому положенію мѣста; на островѣ Уалау число лишнихъ ударовъ 12,6, на островѣ св. Елены 10,3, на Иль де Франсъ 9,9, на Фернандо Норонья 9,4; наоборотъ, нигдѣ на берегахъ материковъ такого ускореннаго качанія маятника не замѣчается. Явленіе это заставило предположить, что океаническіе острова расположены ближе къ центру земли, чѣмъ берега материковъ. Въ этомъ фактѣ видѣли доказательство материковаго притяженія морской воды и опасались, что всѣ измѣренія градуса лишены реальной основы; но въ настоящее время опасенія эти оказались преувеличенными и даже совсѣмъ неосновательными. Новѣйшія, точныя нивелировки въ соединеніи съ прежними измѣреніями градусовъ несомнѣнно доказали, что море, окружающее Европу, всюду имѣетъ одинаковый уровень. Точныя же опредѣленія силы тяжести объяснили и причины кажущейся неспособности материковыхъ массъ измѣнять морской уровень.

Уже и прежде было извѣстно, что отклоненія вертикальной линіи, установленныя наблюденіями, не имѣютъ связи съ величиною видимыхъ массъ: въ горныхъ странахъ они по большей части ничтожны. Такъ, напримѣръ, въ Гималайскихъ горахъ, въ Пиринеяхъ, на Кавказѣ замѣчались весьма малыя отклоненія

отвѣса; то же было и въ Мюнхенѣ, несмотря на близость Альпъ; а въ Пизѣ и Флоренціи Аппенинскія горы не оказывали почти никакого дѣйствія на отвѣсъ. Точныя опредѣленія земной тяжести, произведенныя *Штернекомъ* въ Тиролѣ и въ другихъ мѣстахъ Альпъ, въ Чехіи и въ Карпатахъ при помощи усовершенствованнаго маятника дали поразительные результаты. Вычисленія же Гельмерта, сдѣланныя на основаніи этихъ данныхъ, показали, что дѣйствіе твердыхъ массъ земли въ большей или меньшей степени уничтожается вслѣдствіе меньшей плотности земной коры подъ материками. Повидимому, большимъ скопленіямъ массъ на поверхности, образующимъ горы и материки соотвѣтствуютъ внутри земли извѣстные недочеты массы (Massendefecte). Дальнѣйшія изслѣдованія подтвердили это допущеніе и съ другой стороны заставили предположить, что подъ морскимъ дномъ лежатъ болѣе плотныя массы, которыя и нарушаютъ правильность колебаній маятника на океаническихъ островахъ. Поэтому призмы съ одинаковымъ поперечнымъ сѣченіемъ, вырѣзанныя на извѣстной глубинѣ и простирающіяся до поверхности земли, будутъ обладать одинаковою массою, независимо отъ того, въ какомъ мѣстѣ онѣ взяты. Открытіе этой компенсаціи повысило довѣріе къ геодезическимъ измѣреніямъ. Если не считать ошибокъ наблюденія, то на точность результата могли вліять только тѣ уклоненія, которыя являются слѣдствіемъ несовершенной компенсаціи въ разныхъ точкахъ земли. Всѣ изслѣдованія показали, что эти уклоненія не должны быть значительными; поэтому дѣйствительная поверхность земли, перпендикулярная ко всѣмъ наблюдаемымъ отвѣснымъ линіямъ, или, какъ ее называютъ, „поверхность геоида“, *не можетъ значительно отличаться отъ идеальнаго эллипсоида вращенія.* Что касается сплюснутости его, то въ настоящее время мы можемъ сказать, что она лежитъ въ предѣлахъ между $^1/_{298}$ и $^1/_{300}$. „Поверхность геоида“, въ зависимости отъ распредѣленія массъ, въ однихъ мѣстахъ должна приподниматься надъ эллипсоидомъ, въ другихъ—опускаться, но въ незначительной степени. По мѣрѣ совершенствованія геодезическихъ измѣреній и полученія болѣе точныхъ величинъ земной тяжести, форма геоида все болѣе уясняется, но выразить ее строго-математически никогда не удастся: распредѣленіе массъ земли подчиняется не одному какому-нибудь закону, а является результатомъ очень сложныхъ геологическихъ явленій, происходившихъ въ минувшіе періоды жизни земли и совершающихся теперь.

Такимъ образомъ, новѣйшая наука не можетъ опредѣлить форму и величину земли съ тою точностью, какая предсказывалась нѣсколько лѣтъ назадъ, но, несмотря на это, работы послѣдняго времени имѣютъ огоромное значеніе, такъ какъ, изучая измѣненія земной тяжести въ разныхъ мѣстахъ, мы получаемъ немногіе, но вполнѣ доказанные факты, уясняющіе строеніе земной коры. О значеніи послѣднихъ мы подробно поговоримъ впослѣдствіи.

Вѣсъ земли.

Попытка человѣка измѣрить съ математическою точностью огромный земной шаръ—смѣлое и отважное предпріятіе. Но взвѣсить землю и опредѣлить ея плотность на первый взглядъ представляется просто невозможнымъ. Тѣмъ не менѣе наука успѣшно идетъ къ рѣшенію этой задачи, и хотя въ настоящее время точные результаты еще не получены, но мы все болѣе и болѣе приближаемся къ истинѣ.

Способы такихъ изслѣдованій весьма различны. Первыя измѣренія были произведены *Гюттономъ* и *Маскелиномъ* (Maskelyne) въ Шотландіи, въ 1774—1776 гг. Выше было упомянуто, что горы притягиваютъ висящую гирьку и вслѣдствіе этого нѣсколько отклоняютъ отъ вертикальнаго положенія нить, поддерживающую ее; если извѣстна величина и масса горы, то можно вычислить вѣсъ земли, которымъ и опредѣляется вертикальное положеніе нити. Для опытовъ была избрана гора *Шехаллинъ* въ Шотландіи, недалеко отъ Перта; измѣривъ объемъ этой горы и опредѣливъ среднюю плотность составляющихъ ее породъ, Гюттонъ и Маскелинъ вычислили ея вѣсъ. Астрономическимъ путемъ было найдено положеніе вертикальной линіи, и непосредственно опредѣлены отклоненія отвѣса къ сѣверу и къ югу отъ Шехаллина. Такимъ образомъ получились всѣ цифры, необходимыя для рѣшенія задачи; вычисленія показали, что земля въ 4,7 разъ тяжелѣе равнаго ей по величинѣ шара чистой воды, или, другими словами, удѣльный вѣсъ или плотность земли = 4,7. Однако найденное число оказалось неточнымъ. Въ 1856 г. *Джемсъ* (James) повторилъ опытъ надъ горою *Артуровъ Престолъ* (Arthur's Seat) у Эдинбурга и нашелъ, что плотность земли = 5,3. Эта величина болѣе приближается къ истинѣ. Но вообще опредѣленіе вѣса земли по отклоненію вертикальной линіи должно быть признано ненадежнымъ: измѣрить объемъ большой горы, найти положеніе центра ея тяжести и плотность породъ, ее составляющихъ, невозможно съ удовлетворительной точностью.

То же слѣдуетъ сказать и о другомъ методѣ, который примѣнялся для нахожденія вѣса земли и основывался на опредѣленіи числа колебаній маятника на высокихъ горахъ и въ глубокихъ рудникахъ; и этимъ путемъ нельзя было получить точныхъ результатовъ. Изъ всѣхъ способовъ, предложенныхъ до сихъ поръ, наиболѣе успѣшенъ тотъ, который былъ примѣненъ сперва *Кавендишемъ*, а потомъ *Бальи*, *Корню* и *Рейхомъ*. Они брали ровный деревянный брусокъ и на концахъ его укрѣпляли одинаковые шары; брусокъ вѣшался на нити въ горизонтальномъ положеніи. Послѣ этого къ шарамъ подносили куски свинца. Вслѣдствіе своей тяжести они притягивали шары, брусокъ выходилъ изъ равновѣсія, и нить, на которой онъ висѣлъ, закручивалась. Вѣсъ свинцовыхъ кусковъ былъ извѣстенъ, величина ихъ притягательной силы могла быть вычислена; точно также извѣстно, съ какою силою притягиваетъ земля шары: эта сила выражается ихъ вѣсомъ. По всѣмъ этимъ даннымъ можно было найти массу земли. Результаты опытовъ мало отличаются; *Корню*, произведшій свои изслѣдованія позже всѣхъ и при помощи усовершенствованныхъ приборовъ, нашелъ, что плотность земли равна 5,56; это число обыкновенно и принимается всѣми. Въ послѣднее время *Жолли* въ Мюнхенѣ и *Пайнтингъ* въ Манчестерѣ начали опредѣлять массу земли при помощи вѣсовъ: они измѣряли увеличеніе въ вѣсѣ чашки вѣсовъ, подъ которой лежитъ свинцовый шаръ; *Пайнтингъ* нашелъ этимъ путемъ, что плотность земли = 5,69, а *Жолли* — 5,692. *Уильсингъ* предложилъ новый методъ: онъ изслѣдовалъ дѣйствіе притягивающей массы на колебанія маятника. Для опытовъ онъ бралъ чугунные цилиндры, каждый вѣсомъ 325 клгр. Этотъ, повидимому весьма точный, способъ далъ для плотности земли цифру 5,59; въ самое послѣднее время *Штернекъ* получилъ 5,7 и *Гаркнесъ*,— 5,58.

Значительная тяжесть земли является фактомъ первостепенной важности. Чтобы понять его значеніе, мы должны сравнить удѣльный вѣсъ земли съ удѣль-

нымъ вѣсомъ различныхъ тѣлъ. Плотность горныхъ породъ, составляющихъ земную кору, въ среднемъ не превышаетъ 2,7; известняки и доломиты, глины, песчаники, граниты, порфиры, трахиты, базальты, кристаллическіе сланцы обладаютъ удѣльнымъ вѣсомъ въ большинствѣ случаевъ значительно ниже 3, только нѣкоторые базальты нѣсколько превышаютъ эту цифру; даже магнитный желѣзнякъ по своему удѣльному вѣсу легче земли (4,9—5,2), тяжелые металлы превосходятъ послѣднюю своею плотностью. Если массы, составляющія значительную часть земной коры, такъ легки, то естественно допустить, что *на большой глубинѣ находится тяжелое ядро, состоящее изъ металловъ.* При сравненіи метеоритовъ съ землею мы видѣли, что существованіе метеорнаго желѣза и родство его съ изверженными глыбами Овифака въ Гренландіи указываютъ на присутствіе внутри земли большихъ количествъ этого металла; очень можетъ быть, что тамъ находятся и богатые запасы драгоцѣнныхъ металловъ, которые изъ числа всѣхъ извѣстныхъ намъ тѣлъ обладаютъ наибольшимъ удѣльнымъ вѣсомъ *).

Температура внутри земли.

Изъ предыдущаго мы узнали, что между ядромъ и земною корой существуютъ глубокія различія въ плотности. Но этимъ дѣло не ограничивается: ядро и кора различаются также своими физическими свойствами. На первомъ планѣ стоитъ вопросъ объ ихъ *температурѣ*: всѣ наблюденія показываютъ, что послѣдняя *по мѣрѣ приближенія къ центру возрастаетъ.* Вулканы, выносящіе изъ нѣдръ земли расплавленныя горныя породы, и горячіе ключи, бьющіе во многихъ мѣстахъ, указываютъ на существованіе большого жара въ глубокихъ частяхъ земли. Оба явленія несомнѣнно устанавливаютъ фактъ, но еще не позволяютъ сдѣлать самаго главнаго—опредѣлить степень возрастанія температуры по направленію къ центру. *Измѣренія возможны въ буровыхъ скважинахъ, рудникахъ и туннеляхъ*; всѣ такія техническія сооруженія, если они достаточно глубоки, имѣютъ чрезвычайно важное значеніе для точныхъ изслѣдованій по вопросу о распредѣленіи теплоты внутри земли.

Температура верхнихъ слоевъ земной коры опредѣляется температурой атмосферы: непосредственно на поверхности до той или другой глубины, смотря по мѣстности, почва лѣтомъ нагрѣвается, зимою охлаждается; но уже на небольшихъ глубинахъ лежитъ слой, на который времена года не оказываютъ вліянія; средняя годовая температура его не претерпѣваетъ никакихъ колебаній. Извѣстнѣйшій примѣръ этого рода представляетъ *погребъ парижской обсерваторіи:* термометръ, поставленный здѣсь *Лавуазье* въ 1783 г. на глубинѣ 27,6 м., въ теченіи 100 л. неизмѣнно показываетъ 11,6° Ц. Въ теплыхъ экваторіальныхъ странахъ, гдѣ годовыя температурныя колебанія совершаются въ болѣе узкихъ границахъ, этотъ слой неизмѣнной температуры лежитъ уже на глубинѣ 6 м., у полюсовъ же земля промерзаетъ на значительную глубину. Въ Европѣ сѣверный ледяной покровъ не имѣетъ большого распространенія и только охватываетъ сѣверные берега мате-

---

*) Эти общепринятые выводы не исключаютъ возможности того, что подъ вліяніемъ большого давленія, царящаго внутри земли, всѣ тѣла, даже газы, обладаютъ высокимъ удѣльнымъ вѣсомъ.

рика, но въ Азіи, по мѣрѣ приближенія къ восточной ея окраинѣ, онъ все болѣе придвигается къ югу и спускается около Байкальскаго озера до 53°, а въ бассейнѣ Амура до 50°, т.-е. до той географической широты, на которой лежитъ Франкфуртъ на Майнѣ. Точно также и въ восточной части Сѣв. Америки у Гудзонова залива ледяной покровъ простирается до той же широты. Что касается глубины, до которой промерзаетъ почва, то въ этомъ отношеніи даетъ указаніе колодецъ купца Шергина, вырытый въ Восточной Сибири у Якутска, на берегу Лены; въ немъ на глубинѣ $116^1/_2$ м. определена температура—3° Ц.**).

Если отъ того слоя, который обладаетъ средней годовой температурой данной мѣстности, спускаться по буровой скважинѣ или шахтѣ, то замѣтно повышеніе температуры. Первыя сообщенія объ этомъ фактѣ мы находимъ въ „Mundus subterraneus“ („Подземный міръ“) *Кирхера* изъ Фульды. Это замѣчательное сочиненіе появилось въ 1662 г.; въ немъ, какъ было уже указано выше, мы находимъ поразительную смѣсь глубокихъ знаній и правильныхъ взглядовъ съ отсталыми возраженіями противъ новѣйшихъ научныхъ открытій. Въ десятой главѣ Кирхеръ, говоря о добываніи и обработкѣ металловъ, указываетъ на тѣ трудности, съ которыми онъ столкнулся при изслѣдованіи этого предмета; при содѣйствіи нѣкоторыхъ іезуитовъ, въ Тиролѣ, онъ обратился къ инженерамъ венгерскихъ копей, „первымъ по извѣстности въ мірѣ“, и предложилъ имъ нѣсколько вопросовъ. Одиннадцатый вопросъ касается „тепла и холода въ рудникахъ“,— Кирхеръ спрашиваетъ, увеличивается ли тепло съ глубиною и замѣтенъ ли подземный огонь. Изъ *Шемница* пришелъ отвѣтъ, что при хорошей вентиляціи незамѣтно ни нагрѣванія, ни охлажденія, но въ копяхъ, гдѣ обмѣнъ воздуха недостаточенъ, всегда жарко. Особенно

**) Явленіе *вѣчной мерзлоты* въ Сибири, къ сожалѣнію, еще недостаточно изслѣдованное, представляетъ много любопытнаго. Въ мѣстахъ низменныхъ, въ болотахъ и тундрахъ и даже на возвышенныхъ плато попадается тамъ особая и интересная форма мерзлой почвы; это — залежи сплошного, въ большинствѣ случаевъ кристаллически чистаго льда, иногда распадающіяся въ верхнихъ своихъ частяхъ на столбчатыя отдѣльности. Даже подъ 58° сѣв. шир. нѣкоторыя рѣки и рѣчки, если только онѣ не промерзаютъ до дна, текутъ по руслу, представляющему болѣе или менѣе сплошной мерзлякъ. По мнѣнію многихъ, этимъ фактомъ объясняется низкая температура воды такихъ рѣкъ (напр. Ангары). Въ штольняхъ *Ильинскаго пріиска*, расположеннаго въ верстахъ 200 отъ Читы, въ области распространенія вѣчной мерзлоты, находится никогда сполна не оттаивающій ледъ; онъ появляется уже въ небольшомъ разстояніи отъ дневной поверхности, и по мѣрѣ прорытія штольни—количество его увеличивается. Вскорѣ весь горизонтальный ходъ превращается какъ бы въ одну сплошную ледяную пещеру, дно, стѣнки и верхъ которой выложены массивными, очень толстыми напластованіями льда. Передвигаться по этимъ частямъ штоленъ затруднительно, такъ какъ мѣстами путь загроможденъ большими глыбами льда. Кое-гдѣ замѣтны настоящіе ледяные сталактиты и сталагмиты, а подчасъ и ледяныя колонны на перепутьѣ. Картина такого „ледяного грота“ поражаетъ, безусловно, каждаго своею оригинальностью. Лѣтомъ въ колодцахъ *Кулундинской степи* былъ наблюдаемъ кругомъ сруба ледъ толщиною $^1/_4$—$^1/_3$ аршина, иногда на глубинѣ 4—5, иногда на глубинѣ 6—7 арш. (проф. *Залѣсскій*).

Что касается *области распространенія* вѣчной мерзлоты, то она опредѣляется цѣлымъ рядомъ сложныхъ условій и зависитъ не только отъ низкой температуры и снѣгового покрова, но также отъ геологическаго и гидрологическаго характера мѣстности. Поэтому южная граница мерзлой почвы въ Сибири, какъ думаетъ г. *Ячевскій*, должна представлять линію, весьма сходную съ извилистою линіею материка, окаймленнаго многочисленными островами. Въ настоящее время, по недостатку свѣдѣній, она можетъ быть отмѣчена

интересенъ отвѣтъ *Шапельмана* въ Герренгрундѣ: онъ указываетъ, что въ сухихъ рудникахъ температура всегда повышается съ глубиною, наоборотъ, тамъ, гдѣ собирается вода, температура всегда ниже (ее понижаетъ происходящее на поверхности испареніе); наиболѣе высокую температуру онъ наблюдалъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ залегаетъ марказитъ *). Сюда же относятся нѣкоторыя наблюденія *Бурхава* (Boerhave) и *Майрана*, сдѣланныя въ концѣ прошлаго столѣтія, но только въ послѣдніе годы прошлаго вѣка и въ началѣ нынѣшняго стали производить точныя изслѣдованія въ широкихъ размѣрахъ. Они были начаты *Фрейслебеномъ* и *А. Гумбольтомъ* въ Саксоніи, *Соссюромъ* въ Швейцаріи и д' *Обиссономъ* во Франціи, и съ тѣхъ поръ число наблюденій въ рудникахъ значительно увеличилось; особенно важны изслѣдованія, произведенныя въ Пруссіи и обнародованныя *Дехеномъ*, а также наблюденія *Рейха* въ Саксоніи.

Приблизительные результаты получаются путемъ измѣренія температуры воздуха въ частяхъ рудника, наиболѣе удаленныхъ отъ входа, или температуры воды, которая мѣстами тамъ собирается; но болѣе или менѣе точныя цифры можетъ дать измѣреніе температуры горныхъ породъ, да и то при цѣломъ рядѣ предосторожностей: изслѣдованія должны вестись на той части породы, которая только что обнажена и не подвергалась еще дѣйствію воздуха. Насколько различны могутъ быть результаты, получаемые въ разное время, показываютъ каменноугольные рудники *Бёкналя* въ Англіи: температура угля въ моментъ его обнаженія была 22^0, а десять мѣсяцевъ спустя 15^0 Ц. Термометръ необходимо вкладывать какъ можно глубже въ буровую скважину, которая должна быть просверлена перпендикурлярно къ поверхности горной породы; такъ какъ при буреніи развивается

только схематически, а часто и совсѣмъ приблизительно при помощи прямыхъ линій. Въ предѣлахъ Европейской Россіи она начинается у устья р. Мезени, переходитъ р. Печору приблизительно подъ 65$^1/_2$^{0} с. ш. и отсюда направляется къ городу Березову на р. Оби; далѣе она нѣсколько подымается на сѣверъ и, перейдя р. Енисей въ томъ мѣстѣ, гдѣ въ нее впадаетъ Нижняя Тунгузка, круто поворачиваетъ на югъ и постепенно спускается къ о. Байкалу. Южнымъ предѣломъ мерзлой почвы Ячевскій считаетъ городъ Угру, западнѣе котораго па р. Бухатѣ (притокѣ Иги) наблюдались даже ледяные слои до 0,7 м. мощностью. Восточнѣе Урги въ Хинганскомъ хребтѣ мерзлая почва спускается, быть можетъ, еще южнѣе, но далѣе къ востоку граница ея круто поворачиваетъ на сѣверъ, пересѣкаетъ р. Амуръ немного выше г. Благовѣщенска и проходитъ отсюда почти по прямой линіи въ сѣверную часть Камчатки. Кажется здѣсь граница вѣчной мерзлоты должна быть отмѣчена южнѣе: по крайней мѣрѣ, въ средней части *Сахалина*, въ долинѣ Дуйки, у *Александровской тюрьмы*, *И. С. Поляковъ* на глубинѣ $^3/_4$ аршина, въ серединѣ іюня, встрѣтилъ мерзлую землю, которая шла еще внизъ на $^1/_2$ арш.

Толщина или мощность мерзлой почвы колеблется въ широкихъ предѣлахъ: въ *Пустоозерскѣ* она достигаетъ 17 м.,а въ *Олекминскѣ* — 20 м.; въ *Шергинской шахтѣ*, прорѣзывающей глины и пески съ тонкими прослойками льда отъ 1,5 мм. и меньше, мерзлота замѣчается еще на глубинѣ около 200 м., а въ *Забайкальѣ*, па золотыхъ промыслахъ по рр. Баянъ-зургѣ, Дильмачику и Дорасуну, мощность промерзлой почвы—16 м. На крайнемъ сѣверѣ, на о-вахъ *Новосибирскихъ*, паблюдались слои почти чистаго льда огромной мощности; они перемежаются съ песчано-глинистыми пліоценовыми осадками (*Бунге* и бар. *Э. Толль*) и представляютъ, повидимому, древніе остановившіеся и погребенные подъ землею ледники. *Прим. перев.*

*) Марказитъ представляетъ соединеніе сѣры съ желѣзомъ; окисляясь на воздухѣ, онъ поглощаетъ кислородъ и превращается въ сѣрнокислую соль закиси желѣза; при этомъ химическомъ процессѣ выдѣляется теплота.

теплота, то надо переждать, пока продѣланное отверстіе не охладится вновь и затѣмъ тщательно оберегать термометръ отъ вліянія воздуха. Такимъ путемъ можно наблюдать, если и не совсѣмъ точныя температуры, то во всякомъ случаѣ близкія къ истиннымъ.

Числа, полученныя указаннымъ способомъ, обнаруживаютъ много колебаній, но если пренебречь тѣми неправильностями, которыя происходятъ вслѣдствіе притока воздуха и воды, то фактъ *возрастанія температуры съ глубиною* становится несомнѣннымъ; для полученія величинъ, удобныхъ для сравненія, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ вычисляютъ, насколько нужно спуститься, чтобы температура повысилась на 1° Ц.; это разстояніе называютъ *геотермическимъ градусомъ* (γῆ — земля ϑέρμος — тепло). Въ прусскихъ рудникахъ наибольшее изъ такихъ разстояній 115,3 м., наименьшее 15,5 м., въ среднемъ — 54,3 м.; въ Саксоніи геотермическій градусъ въ среднемъ = 41,8 м.; цифры, полученныя въ Шемницѣ, въ 1877 г., колеблются въ разныхъ шахтахъ между 30,3 и 51,1 и даютъ въ среднемъ 41,4 м. Поразительно малъ геотермическій градусъ въ каменноугольныхъ рудникахъ у Монте-Масси въ Тосканѣ; тамъ температура повышается на 1° на каждыя 13,7 м.; въ буровой скважинѣ у Нейффена (Neuffen) въ Вюртембергѣ, простирающейся на 339,5 м., графъ *Мандельсло* нашелъ геотермическій градусъ = 11 м. Въ золотыхъ рудникахъ, заложенныхъ въ „Комстокской жилѣ“ въ Невадѣ, на глубинѣ 610 м., температура воздуха = 40°, въ шахтѣ Адальберта у Прибрама въ Чехіи, на глубинѣ 899 м., температура горныхъ породъ 21,8° и температура воздуха = 17°. Въ одномъ и томъ же рудникѣ иногда повышеніе температуры оказывается весьма неправилнымъ. Такъ, напримѣръ, копи въ Розбриджѣ въ Англіи въ своихъ верхнихъ частяхъ обладаютъ геотермическимъ градусомъ 47,2 м., далѣе онъ падаетъ на 18,1 м. и снова возрастаетъ до 29,6 м. Другія, также каменноугольныя, копи Дёкфильдъ, лежащія вблизи названныхъ выше, обнаруживаютъ постепенное возрастаніе температуры на 1° черезъ каждые 45,8 м. Въ послѣднее время Либертъ нашелъ, что въ рудникѣ св. Генріеты, въ округѣ Монса, геотермическій градусъ на глубинахъ менѣе 675 м. колеблется между 36 и 38 м., а на глубинахъ 675—1150 м., онъ = 22,6 м., въ среднемъ получается 29,67 м.; съ этимъ числомъ вполнѣ совпадаетъ величина геотермическаго градуса, опредѣленная *Корнетомъ* въ каменноугольныхъ копяхъ Монса въ Бельгіи (29,65 м.), а также числа, найденныя *Прествичемъ* для англійскихъ и бельгійскихъ копей (въ среднемъ 27,18 метр.). Вообще замѣчено, что въ каменноугольныхъ копяхъ температура повышается съ глубиною быстрѣе, чѣмъ въ рудникахъ; это объясняется, повидимому, химическими процессами, происходящими въ углѣ. Изъ рудныхъ жилъ наиболѣе высокою температурою обладаютъ тѣ, которыя состоятъ изъ легко окисляющихся сѣрнистыхъ металловъ.

Совершенно особеннымъ представляется распредѣленіе теплоты въ знаменитыхъ мѣдныхъ рудникахъ на Верхнемъ озерѣ въ Сѣверной Америкѣ. Громадныя скопленія воды, обладающія въ своихъ глубокихъ частяхъ температурою въ 4° Ц., дѣйствуютъ охлаждающимъ образомъ; подобно холодному компрессу, они поглащаютъ теплоту и понижаютъ температуру рудниковъ; чѣмъ ближе къ озеру расположены послѣдніе, тѣмъ медленнѣе происходитъ въ нихъ повышеніе температуры. Обыкновенно, геотермическій градусъ для 1° Ф. въ среднемъ = 16,5 м., въ рудникѣ же Осцеола, расположенномъ въ 8 км. отъ озера, онъ подымается до 23,3 м., а въ

рудникахъ, лежащихъ еще ближе, — до 30,5 м. и даже до 37,2 м. По мнѣнію *Уилера* (Wheeler), охлаждающее дѣйствіе воды уже незамѣтно на разстояніи 12—13 километровъ.

Богатый матеріалъ для наблюденій представляютъ артезіанскіе колодцы: они даютъ возможность опредѣлить температуру, которою обладаетъ вода на извѣстной глубинѣ. Сравнительно съ рудниками колодцы характеризуются болѣе правильнымъ и *болѣе быстрымъ повышеніемъ температуры съ глубиною*. Наиболѣе важные результаты наблюденій этого рода приведены въ слѣдующей таблицѣ:

Мѣсто буренія.	Достигнутая глубина въ метрахъ.	Температура воды.	Геотермическій градусъ.
Гренелль близъ Парижа	547	27,7°	32,6
С. Андре близъ Парижа	523	—	30,7
Рюдерсдорфъ у Берлина	696	33,6°	26,9
Нейзальцверкъ (Вестфалія)	671	34°	29,6
Руанъ	—	—	28,5
Мондорфъ	—	—	28,6
Питцпуль у Магдебурга	—	—	25,1
Ла-Рошелль	—	—	19,0
Артернъ въ Тюрингіи	—	—	37,7
Бутль у Ливерпуля	434,1	—	71,3
Скарль, Линкольнъ	609	—	37,8
Кентишъ Тоунъ	307	—	36,8
Зуденбургъ у Магдебурга	568	—	32,3
Зенневицъ у Галле	1084	—	36,6
Литъ у Альтоны	1259	—	35
Зульцъ, на берегу Некара	710	—	24

Для изслѣдованія температуры въ глубокихъ частяхъ земной коры особенно важны тѣ крупныя техническія сооруженія послѣдняго времени, гдѣ распредѣленіе теплоты изучалось съ большою точностью. Наблюденія, особенно обогатившія науку были произведены въ глубокихъ буровыхъ скважинахъ и длинныхъ туннеляхъ. У Шперенберга, въ 42 км. къ югу отъ Берлина, на берегу небольшого Крумменскаго озера стоитъ среди равнины высокій гипсовый холмъ въ 26,7 м. Въ равнинахъ сѣверной Германіи гипсъ часто сопровождается каменной солью. Въ виду этого рѣшено было произвести у Шперенберга буреніе, и въ 1867 г. начались работы на мѣстѣ забытыхъ гипсовыхъ ломокъ; буровая скважина прошла сначала черезъ слой щебня мощностью 0,63 м., а потомъ гипса и ангидрита мощностью 88,18 м.; далѣе залегала чистая каменная соль; прорѣзавъ этотъ пластъ на протяженіе 1182,64 м. въ глубину, буровая скважина не прошла всей его толщи и не достигла породы, подстилающей соль. Существованіе огромныхъ соляныхъ богатствъ могло быть доказано и при менѣе глубокомъ буреніи, но въ виду научнаго значенія предпріятія, представлялось особенно желательнымъ достичь значительной глубины. Въ сентябрѣ 1871 г. работы были прерваны на глубинѣ 1272 м. Скоро новыя буренія оставили далеко позади себя Шперенбергскую буровую скважину: въ *Литъ* у Альтоны удалось достичь глубины 1338 м. съ температурой въ 35,07°, а въ *Шладебахъ* у Дюрренберга — 1748,40 м.*). Послѣдняя прошла черезъ пестрый

*) Глубочайшая изъ современныхъ буровыхъ скважинъ находится у Парушовицъ, въ Прусской Силезіи. Въ маѣ 1893 г. она достигала 2000 м., что составляетъ около 2 в., и послѣ этого продолжалась еще въ глубину. Измѣренія температуры здѣсь не были произведены.

песчаникъ, цехштейнъ, мертвый красный лежень, каменноугольныя образованія и достигла верхнихъ ярусовъ девонской системы.

На различныхъ глубинахъ Шперенбергской и Шладебахской буровыхъ скважинъ *Дункеръ* производилъ измѣренія, характеризующіяся большою тщательностью. Ошибки были по возможности предусмотрѣны и исключены: при помощи каучука, а въ Шладебахѣ посредствомъ глины, изолировался сверху и снизу опредѣленный слолбъ воды, температура котораго и измѣрялась: такимъ образомъ термометръ былъ защищенъ отъ вліянія токовъ, идущихъ изъ верхнихъ и нижнихъ частей буровой скважины. Описанныя предосторожности, огромная глубина буровыхъ скважинъ и отсутствіе ключей дѣлаютъ наблюденія Дункера чрезвычайно цѣнными; на ряду съ ними можно поставить только тѣ измѣренія, которыя были произведены въ С.-Готардскомъ туннелѣ.

На различныхъ глубинахъ получены слѣдующія цифры:

Шперенбергъ:	глубина въ метрахъ:	26,7	223,0	286,7	350,4	414,1	477,8	605,2	669	1080	1268
	температура . . .	9°	21,6°	23,5°	26,4°	26,9°	30,9°	33,1°	35,9°	46,5°	48,1°
	геотермическій градусъ для 1° Ц. = 33,7 м.										
Шладебахъ:	глубина въ метрахъ:	36	216	336	456	606	816	966	1206	1476	1716
	температура . . .	11°	16,2°	19°	22,1°	26,3°	31,5°	36,6°	43°	51,9°	56,6°
	геотермическій градусъ для 1° Ц. = 35,7 м.										

Въ Шладебахѣ были получены очень точные результаты для глубины 1266—1716 м.: измѣренія производились тотчасъ послѣ буренія и передъ обсадкою буровой скважины; отдѣльно взятыя они дали геотермическій градусъ 39,55 для 1° Ц.

Еще глубже въ нѣдра земли проникаютъ огромнѣйшіе туннели, построенные и проектируемые въ Альпахъ: окончены въ настоящее время *Монсенисскій, С.-Готардскій и Арльбергскій,* въ проектѣ — *Симплонскій.* Постройкой Монсенисскаго туннеля ученые не вполнѣ воспользовались; только съ итальянской стороны *Джьордано* дѣлалъ наблюденія надъ температурой; французы не предприняли никакихъ изслѣдованій, и чрезвычайно важный матеріалъ погибъ для науки безвозвратно. Гораздо счастливѣе велись работы въ С.-Готардѣ: рѣшено было произвести всѣ геологическія наблюденія, какія только было возможно; задача эта была возложена на инженера *Штапфа,* который оказался вполнѣ на высотѣ своего призванія и съ честью выполнилъ свое трудное порученіе. Онъ не только сдѣлалъ геологическіе профили туннеля и собралъ коллекціи горныхъ породъ, но также произвелъ точныя измѣренія температуры.

Съ сѣверной стороны С.-Готардскій туннель оканчивается въ долинѣ Рейсса, при Гёшененѣ, на высотѣ 1109 м., а съ южной — у Айроло, въ долинѣ р. Тиччино (Тессина), на высотѣ 1145 м. надъ уровнемъ моря; длина туннеля достигаетъ 14920 м. Само собою разумѣется, что для температуры горныхъ породъ имѣетъ значеніе не разстояніе ихъ отъ отверстія туннеля, а мощность лежащихъ надъ ними горныхъ массъ. Такимъ образомъ, температура отдѣльныхъ частей туннеля зависитъ отъ рельефа прорѣзаемой имъ мѣстности, и при опредѣленіи геотермическаго градуса данной точки необходимо имѣть въ виду ея разстояніе отъ поверхности.

Результаты наблюденій *Штапфа* представлены на чертежѣ (рис. 138); посредствомъ различныхъ линій отмѣчены: 1) температуры горныхъ породъ внутри туннеля на всемъ его протяженіи; 2) средняя годовая температура воздуха, господствующая на поверхности въ районѣ туннеля, и 3) температура почвы на томъ же протяженіи. Чтобы показать вліяніе горныхъ массъ на распредѣленіе тепла въ

туннелѣ, на той же сѣткѣ, гдѣ отлагаются температуры, представленъ профиль мѣстности; онъ зачерченъ косыми линіями. Наибольшія изъ наблюдавшихся температуръ лежатъ немного выше 30° и не превышаютъ 30,8°. Рисунокъ показываетъ, что въ общемъ приростъ температуры соотвѣтствуетъ высотѣ располагающихся надъ туннелемъ горныхъ массъ. Однако, полнаго соотвѣтствія не наблюдается: какъ и нужно было ожидать, колебанія температуры менѣе значительны, чѣмъ неровности поверхности, т.-е. возрастаніе температуры подъ горными вершинами и паденіе подъ долинами относительно мало и не пропорціонально измѣненіямъ рельефа. Существенное отклоненіе представляла сравнительно высокая температура подъ Андерматтомъ; это явленіе объясняется вѣроятно присутствіемъ гипса, въ которомъ можетъ развиваться теплота вслѣдствіе химическихъ процессовъ. Геотермическій градусъ достигаетъ здѣсь 50,3 м.

Въ Арльбергскомъ туннелѣ измѣренія были далеко не такъ полны, какъ въ С.-Готардскомъ. Наивысшая температура достигала 18,5° на разстояніи 5100 м. отъ восточнаго конца и 715 м. отъ поверхности земли, между тѣмъ въ С.-Готардскомъ туннелѣ высшая температура 30,8° на глубинѣ 1752 м.

Изъ всѣхъ наблюденій, до сихъ поръ произведенныхъ, нужно по возможности опредѣлить среднюю величину повышенія температуры съ глубиною. Задача эта представляетъ много трудностей, такъ какъ цифры, полученныя въ разныхъ мѣстахъ, сильно уклоняются другъ отъ друга. Съ другой стороны, два различныхъ метода изслѣдованія,—опредѣленіе температуры воды въ глубокихъ буровыхъ

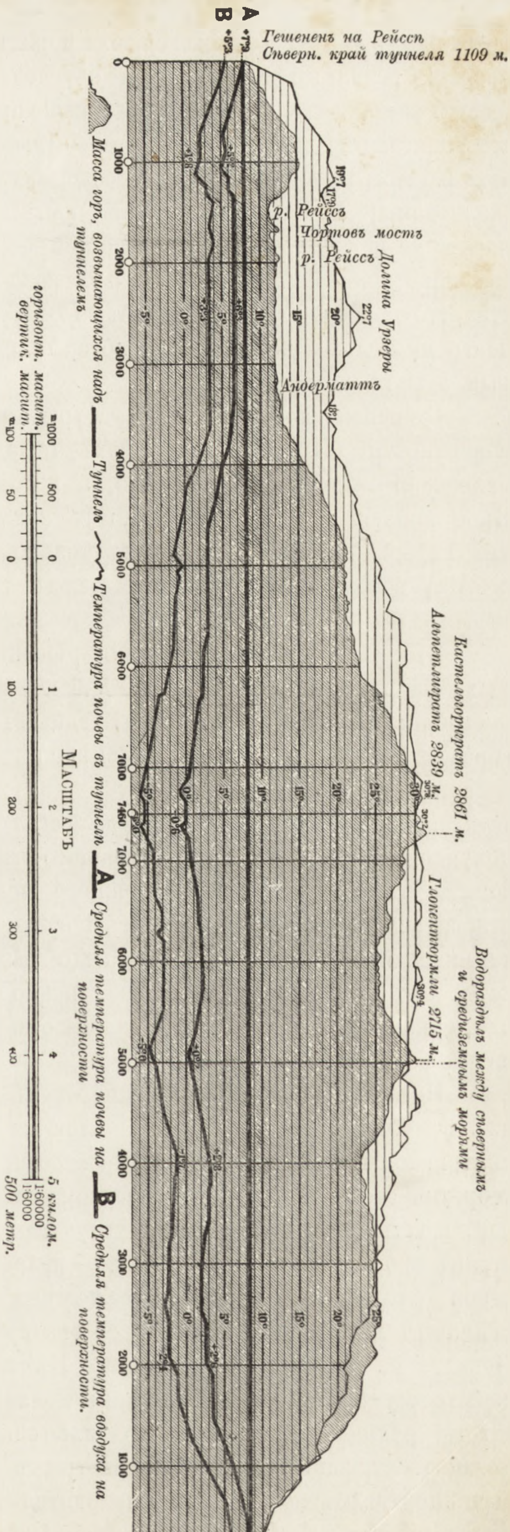


Рис. 138. Распредѣленіе температуры въ С. Готардскомъ туннелѣ (по Штапфу).

скважинахъ и температуры горныхъ породъ въ рудникахъ и туненляхъ,—приводятъ къ разнымъ результатамъ. Причины, обусловливающія различія чиселъ, весьма разнообразны: каменноугольныя копи вслѣдствіе происходящихъ въ нихъ химическихъ процессовъ окисленія обладаютъ относительно высокою температурою; то же самое можно сказать и о тѣхъ рудникахъ, которые содержатъ легко разрушающіеся сѣрнистые металлы (колчеданы). Кромѣ того, металлы, какъ хорошіе проводники теплоты, могутъ переносить ее изъ болѣе глубокихъ частей земной коры. Ключи, бьющіе съ значительной глубины, приносятъ съ собою тепло, вода же, проникающая съ поверхности, способствуетъ охлажденію. По мнѣнію *Гюйссена,* на температуру вліяетъ теплопроводность не только тѣхъ породъ, которыя расположены снизу, но также и тѣхъ, которыя лежатъ наверху.

Степень повышенія температуры съ глубиною зависитъ также отъ свойствъ поверхности. Въ высокихъ горахъ, обладающихъ относительно небольшою массою, охлажденіе происходитъ быстро, а потому геотермическій градусъ здѣсь великъ. Иное наблюдается на днѣ разныхъ водовмѣстилищъ: въ общемъ температура на днѣ глубокихъ озеръ достигаетъ только 4^0, а въ морѣ она спускается еще ниже; поэтому возрастаніе температуры подъ такими водоемами должно быть очень быстрымъ.

Въ виду указанныхъ условій рѣшеніе вопроса представляетъ рядъ непреодолимыхъ затрудненій. Такъ какъ наблюденія въ буровыхъ скважинахъ даютъ болѣе постоянныя цыфры, чѣмъ наблюденія въ рудникахъ и копяхъ, то ими главнымъ образомъ и пользуются для дальнѣйшихъ выводовъ; вычисленная отсюда средняя величина геотермическаго градуса = 33 м.; принимаютъ, что *это число и соотвѣтствуетъ вообще повышенію температуры земли съ глубиною.* Однако, цыфры, получаемыя путемъ непосредственнаго измѣренія температуры горныхъ породъ, говорятъ въ пользу болѣе медленнаго возрастанія земной теплоты и заставляютъ относиться съ осторожностью къ послѣднему выводу; несомнѣнно, что средній геотермическій градусъ въ 33 м. надо разсматривать какъ приблизительное число, которое въ будущемъ можетъ существенно измѣниться. Мы должны сознаться, что въ настоящую минуту наука еще далека отъ какого бы то ни было положительнаго рѣшенія вопроса.

Недостатокъ знаній о температурѣ земной коры и невозможность пополнить ихъ въ ближайшемъ будущемъ являются далеко не утѣшительнымъ фактомъ: разсматриваемый вопросъ, по своей важности, одинъ изъ первостепенныхъ, не только въ теоретическомъ но и въ практическомъ отношеніи. Съ цѣлью добыванія угля и металловъ шахты съ каждымъ годомъ углубляются, и все большіе и большіе участки горныхъ странъ прорѣзываются туннелями, — является вопросъ: гдѣ лежитъ та граница, за которой *человѣческій трудъ не возможенъ вслѣдствіе высокой температуры?* Богатѣйшіе въ мірѣ запасы золота и серебра представляетъ „Комстокская жила“ въ штатѣ Невада, на границѣ Калифорніи. Въ періодъ времени съ 1860 по 1876 г. тамъ добыто серебра на 237 милліоновъ долларовъ. Но, несмотря на баснословное богатство рудника, опасаются, что дальнѣйшая разработка его скоро окажется невозможною: страшный жаръ въ нѣкотрыхъ мѣстахъ дѣлаетъ трудъ рудокоповъ чрезвычайно тяжелымъ. Рабочіе находятся въ температурѣ отъ 42,2 до 46,7^0; если ее и выноситъ здѣсь человѣкъ, то только потому, что воздухъ рудника оченъ сухъ, и мѣстами попадаются болѣе холодные участки; въ самыхъ жаркихъ частяхъ руд-

ника рабочій не можетъ продолжать свой трудъ болѣе 10 минутъ. Дѣлались попытки добывать руду и тамъ, гдѣ температура достигаетъ 50°, но слишкомъ скоро это оказалось неисполнимымъ: умственныя разстройства и быстрая смерть были послѣдствіемъ такого смѣлаго шага. Впрочемъ, и теперь смертность среди рудокоповъ необычайно велика: сребролюбіе обрекаетъ много жертвъ на погибель въ этихъ душныхъ ямахъ*).

Впрочемъ, въ рудникахъ Комстокской жилы причиною высокой температуры является не столько глубина, сколько мѣстныя неблагопріятныя условія, какъ, напр., существованіе горячихъ источниковъ: въ такихъ же глубокихъ прибрамскихъ шахтахъ господствуетъ сравнительно умѣренная температура. Съ повышеніемъ температуры съ глубиною приходится считаться также при другихъ горныхъ работахъ. Въ 1863 году сэръ Вильямъ *Армстронгъ* въ собраніи англійскихъ естествоиспытателей замѣтилъ, что при томъ колоссальномъ развитіи каменноугольной промышленности, котораго она достигла въ Англіи, въ недалекомъ будущемъ предвидится истощеніе копей. Опасенія, высказанныя Армстронгомъ, заставили учредить особый королевскій комитетъ для разслѣдованія вопроса. Оказалось, что опасность еще не такъ велика, но всѣ пришли къ убѣжденію, что будущность англійской каменноугольной промышленности существенно зависитъ отъ температуры копей: разработка можетъ продолжаться только до той глубины, гдѣ трудъ человѣческій вслѣдствіе жара становится прямо невозможнымъ. Въ самомъ дѣлѣ, во многихъ англійскихъ каменноугольныхъ копяхъ царитъ очень высокая температура; такъ, напр., въ Розбриджской шахтѣ, которая въ 1875 году была глубже всѣхъ другихъ англійскихъ шахтъ и достигала 745 метровъ, температура достигаетъ 34,5° Ц.

Чрезвычайно важенъ вопросъ о возможной температурѣ проектируемаго Симплонскаго туннеля, при посредствѣ котораго желѣзная дорога соединитъ кантонъ Валлисъ съ озеромъ Лаго-Маджьоре. Альпійскія желѣзныя дороги, не считая линіи черезъ Земмерингъ, прорѣзывающей относительно низкія части горъ, поднимаются на значительныя высоты; таковы, напр., дороги черезъ Бреннеръ, Сенъ-Готтардъ и Монсенисъ; только этимъ путемъ можно было избѣжать постройки длинныхъ туннелей и обойти большіе водораздѣлы (Бреннерская желѣзная дорога). Высшая точка Бреннерской желѣзной дороги подымается на 1367 м., южный конецъ Сенъ-Готтардскаго туннеля — на 1145 м. и южный конецъ Монсенисскаго туннеля — на 1291 м. надъ уровнемъ моря. Такой выборъ направленія дороги упрощаетъ ея сооруженія, но имѣетъ много непріятныхъ послѣдствій для ея эксплуатаціи: поѣзда должны подниматься на значительную высоту, а это повышаетъ стоимость перевозки. Кромѣ того, сильные вѣтры, господстующіе на большихъ высотахъ, и обиліе выпадающаго тамъ снѣга затрудняютъ движеніе поѣздовъ, а иногда даже требуютъ временной остановки его. Отсюда всѣ пришли къ убѣжденію, что та польза, которая могла бы явиться при устраненіи неудобствъ альпійскихъ желѣзнодорожныхъ линій, съ избыткомъ покроетъ расходы по прорытію болѣе глубокихъ туннелей. Поэтому при постройкѣ Симплонской дороги хотѣли проложить длинный туннель на гораздо меньшей высотѣ: думали, что новая линія будетъ представлять такія благопріятныя

---

*) Какъ гибельно дѣйствуютъ такія работы даже при менѣе высокой температурѣ, видно изъ слѣдующаго: когда началось сооруженіе Сенъ-Готардскаго туннеля, нельзя было найти ни одного изъ тѣхъ рабочихъ, которые участвовали въ прорытіи туннеля въ Монсенисѣ: почти всѣ они умерли отъ страданія легкихъ.

условія для эксплоатаціи, что убьетъ скоро всѣхъ своихъ конкурентовъ и что всѣ торговыя сношенія Англіи, Франціи, Бельгіи и западной Швейцаріи съ Италіей станутъ совершаться только при ея посредствѣ. Было предложено нѣсколько проектовъ; въ важнѣйшихъ изъ нихъ мы находимъ слѣдующія цифры:

	a)	b)	c)
Длина туннеля	19,075 м.	18,504 м.	16,150 м.
Высота южнаго конца надъ уровнемъ моря	687,5 „	687,5 „	790 „
Высота сѣвернаго конца	680 „	711 „	771 „

Эти туннели должны пройти черезъ большія, высокія горы. По проекту a) туннель проходитъ подъ Вазенгорномъ, высота котораго 3270 м., и подъ Монте Леоне, высота котораго 3565 м.; такимъ образомъ надъ этимъ туннелемъ расположатся горныя массы въ среднемъ въ 2220 м. толщиною. По проекту b) высота горъ, лежащихъ надъ туннелемъ, доходитъ до 2247 м. *) На основаніи этихъ данныхъ инженеръ Штапфъ, производившій свои замѣчательныя геологическія наблюденія при постройкѣ С.-Готтардскаго туннеля, вычислилъ возможныя температуры Симплонскаго туннеля и даже теплоту горныхъ породъ для средней его части; имъ найдены цыфры для проекта a) $46,_9^0$ Ц., для b) $47,_5^0$ Ц.; воздухъ во время буренія будетъ обладать температурой въ $45,_8^0$, во время убиранія щебня $48,_4^0$; что касается температуры воды, то она достигаетъ $53,_3^0$, не говоря уже о возможности горячихъ ключей.

Является вопросъ, возможны ли при такихъ условіяхъ работы. Температура крови человѣка не превышаетъ 37°; 40° уже признакъ сильной лихорадки, а когда температура достигаетъ 42°, напр. при тифѣ, то наступаетъ смерть; чтобы трудъ человѣка былъ возможенъ, температура его крови не должна доходить до этого предѣла. Вообще, можно допустить, что въ сухомъ воздухѣ работа возможна въ температурѣ до 50°, такъ какъ вслѣдствіе испаренія пота происходитъ еще нѣкоторое охлажденіе поверхности кожи; во влажномъ же воздухѣ предѣлъ наступаетъ уже при 40°. Все это заставляетъ считать проекты a) и b) невыполнимыми. Что же касается проекта c), къ которому не приложено точныхъ цифръ, то вѣроятность его осуществленія, кажется, еще меньше. Сторонники глубокихъ Симплонскихъ туннелей энергично оспаривали сдѣланныя имъ возраженія, но сомнѣваться можно было только въ одномъ: вычисленія Штапфа были произведены на основаніи изслѣдованій въ Сенъ-Готардскомъ тунелѣ; если предположить, что условія тутъ и тамъ одинаковы, то полученныя цыфры будутъ болѣе, чѣмъ вѣроятны; но возможно ли такое предположеніе? имѣемъ ли мы право переносить на Симплонскій туннель результаты, полученные въ С.-Готтардскомъ? Мы знаемъ, что очень часто мѣстности, расположенныя близко другъ къ другу и во многихъ отношеніяхъ сходныя между собой, обнаруживаютъ различное возрастаніе температуры съ глубиною. Поэтому допущеніе одинаковаго геотермическаго градуса въ обоихъ случаяхъ не можетъ быть точнымъ. Но будетъ ли Симплонскій туннель отличаться въ этомъ отношеніи отъ С.-Готтардскаго, будетъ ли въ первомъ температура возрастать скорѣе или медленнѣе, чѣмъ во второмъ, мы не знаемъ, и потому прорытіе глубокаго туннеля принадлежитъ во всякомъ случаѣ къ числу сомнительныхъ предпріятій. Вопросъ о томъ, насколько возможно искусственными мѣрами устранить

*) Къ проекту c) не приложено точныхъ профилей горныхъ массъ, располагающихся надъ туннелемъ.

трудности работъ, не касается геологіи, и мы не можемъ говорить о немъ подробнѣе*). Съ научной точки зрѣнія прорытіе глубокаго туннеля представляетъ большой интересъ, и въ скоромъ времени вопросъ можетъ получить практическое разрѣшеніе, если только ожидаемыя трудности не заставятъ отказаться отъ предпріятія**).

Точное знакомство съ внутреннею теплотою земли имѣетъ огромную практическую важность, но теоретическое значеніе вопроса еще больше; въ тѣсной связи съ нимъ стоитъ цѣлый рядъ другихъ интереснѣйшихъ вопросовъ, къ разсмотрѣнію которыхъ мы теперь и перейдемъ. Прежде всего необходимо выяснить, въ силу какихъ *причинъ* температура повышается съ глубиной. По этому предмету высказывалось много разныхъ соображеній: для объясненія указывали на химическіе процессы и на превращеніе механической работы въ теплоту, предполагали, что вся солнечная система проходила чрезъ болѣе теплыя части міроваго пространства, и, наконецъ, видѣли причину явленія въ первоначальномъ жарѣ, которымъ, по теоріи Канта-Лапласа, земля обладала при своемъ отдѣленіи отъ солнца.

Выше мы видѣли, что всѣ неподвижныя звѣзды и планеты или обладаютъ очень высокою температурою, или же обладали ею прежде и постепенно охладились. Весьма серьезныя основанія заставляютъ насъ допустить, что и земля развивалась по тому же пути. Отсюда весьма вѣроятно, что *причиною повышенія температуры съ глубиной является та теплота, которою обладала земля при отдѣленіи отъ солнца.* Это объясненіе принимается теперь почти всѣми геологами: общность явленія и высокая температура внутреннихъ частей земли, доказываемая вулканами, служатъ рѣшительными доводами въ пользу этого взгляда. Что же касается другихъ объясненій, то ни одно изъ нихъ не можетъ быть признано удовлетворительнымъ. Мы не знаемъ ни одного химическаго процесса, который бы былъ такъ распространенъ на землѣ и совершался бы съ такою напряженностью, чтобы ему можно было приписать повышеніе температуры съ глубиной и плавленіе огромныхъ массъ изверженныхъ горныхъ породъ. То же самое приходится сказать и о *превращеніи механической работы въ теплоту.* Можно, пожалуй, указать на горообразовательные процессы, но въ такомъ случаѣ были бы замѣчаемы существенныя различія между геотермическими свойствами новѣйшихъ горныхъ кряжей, каковы Альпы, и равнинами, гдѣ эти процессы не дѣйствовали.

*) Новый проектъ, по мнѣнію Гейма, Лори, Реневье и Тарамелли, болѣе удаченъ; туннель, длина котораго дойдетъ до 20000 м., повидимому нигдѣ не будетъ обладать температурой болѣе высокой, чѣмъ 35° Ц.

**) Огромный интересъ представляетъ въ этомъ отношеніи туннель, проектируемый черезъ главный Кавказскій хребетъ. Новая желѣзнодорожная линія должна соединить Владикавказъ съ Тифлисомъ и пройти черезъ *Архотскій перевалъ.* Длина ея, по различнымъ варіантамъ, колеблется между 169 и 192 килом. По иницативѣ Н. П. Петрова (нынѣ г. Товарища Министра Путей Сообщенія), было рѣшено сопровождать инженерныя изысканія геологическими изслѣдованіями, организація которыхъ и была поручена проф. *А. А. Иностранцеву.* Въ ряду другихъ важныхъ вопросовъ необходимо было рѣшить, на какой высотѣ можно вступить туннелемъ въ главный хребетъ при условіяхъ работы въ немъ безъ особенно крупныхъ затратъ на устройство особыхъ сооруженій для охлажденія воздуха. Къ сожалѣнію, за отсутствіемъ положительныхъ данныхъ о величинѣ геотермическаго градуса на Кавказѣ, невозможно было опредѣлить вполнѣ точно возможную наибольшую глубину проектируемой линіи подъ главнымъ хребтомъ. Имѣя въ виду среднюю температуру недавно прорытаго Сурамскаго туннеля (15—16° Ц.), можно было принять геотермическій градусъ приблизительно въ 44,73 м. На основаніи произведенныхъ вычисленій оказалось, что на глубинѣ

На самомъ дѣлѣ этого не наблюдается; да, наконецъ, и этого источника было бы недостаточно для образованія такихъ огромныхъ количествъ теплоты. Что касается гипотезы *о прохожденіи земли и всей солнечной системы черезъ болѣе теплыя области міроваго пространства,* то врядъ ли и здѣсь можно искать причины разсматриваемаго явленія. Но этой гипотезы мы не станемъ разбирать: въ настоящее время она почти не имѣетъ сторонниковъ.

Пытались доказать, что измѣненіе геотермическихъ градусовъ съ глубиною не соотвѣтствуетъ факту постепеннаго охлажденія земли изъ расплавленнаго состоянія. Чтобы яснѣе себѣ это представить, обратимся къ свойствамъ нагрѣтой и охлаждающейся массы. Главнымъ вопросомъ здѣсь является, возрастаютъ ли геотермическіе градусы по направленію къ центру, или убываютъ, т.-е. замедляется ли въ глубинахъ приростъ теплоты, или ускоряется, и если мы находимъ на поверхности геотермическій градусъ 33 м., то будетъ ли онъ на большей глубинѣ равняться 34 м., и т. д. Простое соображеніе устраняетъ всѣ недоразумѣнія: нагрѣтое тѣло, находящееся въ болѣе холодной средѣ, теряетъ свою теплоту; процессъ отдачи послѣдней долженъ совершаться интенсивнѣе на поверхности тѣла и слабѣе внутри его. Поэтому различія въ температурѣ верхняго слоя должны быть больше, и по мѣрѣ приближенія къ центру—меньше; другими словами: приростъ теплоты будетъ замедляться: *геотермическіе градусы земли будутъ возрастать съ глубиною.*

Бишофъ въ Боннѣ провѣрялъ этотъ выводъ экспериментальнымъ путемъ: онъ заставлялъ охлаждаться большіе шары расплавленнаго базальта; когда они застывали, Бишофъ просверливалъ въ нихъ отверстія и вставлялъ туда термометры, при посредствѣ которыхъ и наблюдались законы охлажденія. Въ шарѣ съ діаметромъ въ $27^1/_4$ дюймовъ, черезъ 48 час. послѣ плавленія, было наблюдаемо слѣдующее:

Температура въ центрѣ	191,9° Ц.	Темпер. въ разстояніи $6^3/_4$ д. отъ центра	156,1° Ц.
„ въ разстояніи $4^1/_2$ д. отъ центра	170,0° Ц.	„ „ „ 9 „ „ „	137,2° Ц.

Отсюда, несомнѣнно, слѣдуетъ, что температурныя различія по направленію къ центру уменьшаются, и геотермическій градусъ возрастаетъ; на разстояніи $4^1/_2$ дюйм. отъ центра температура убываетъ на 21,9, на разстояніи же слѣдующихъ $4^1/_2$ дюйм. на 32,8°.

Много споровъ возбудилъ вопросъ о томъ, соотвѣтствуетъ ли теоретическимъ соображеніямъ дѣйствительное возрастаніе температуры земли при приближеніи къ

1431 м. должна существовать температура въ 30,43—35,43° Ц. Принимая въ разсчетъ нѣкоторыя другія обстоятельства, сѣверный входъ въ туннель пришлось отмѣрить на абсолютной высотѣ въ 1582,24 м. (8191,2 ф.), а южный — на высотѣ 1616,16 м. (5302,5 ф.). При такихъ условіяхъ высота горныхъ массъ, расположенныхъ надъ туннелемъ, на мѣстѣ Архотскаго перевала достигнетъ 1306,98 м. (4288 ф.), а температура въ средней части туннеля будетъ приблизительно = 32° Ц. Независимо отъ отсутствія положительныхъ данныхъ для вычисленій, существуютъ еще другія обстоятельства, уменьшающія точность полученнаго результата. Сланцы Архотскаго перевала почти всегда содержатъ сѣрный колчеданъ, разложеніе котораго какъ извѣстно, сопровождается повышеніемъ температуры. Но, съ другой стороны, тѣ же сланцы обнаруживаютъ крутую постановку относительно горизонта и пересѣкаются много численными трещинами, черезъ которыя могутъ просачиваться обильныя количества воды съ сравнительно низкою температурою, свойственною перевалу (+ 3°); это должно оказывать противодѣйствіе повышенію температуры, происходящему вслѣдствіе разложенія сѣрнаго колчедана. Въ виду всего сказаннаго надо полагать, что предполагаемыя работы въ Архотскомъ туннелѣ не будутъ затруднены сильнымъ жаромъ. *Прим. перев.*

центру; наконецъ, всѣ согласились, что данныхъ для рѣшенія его недостаточно; большая заслуга *Ганна* въ Вѣнѣ въ томъ, что онъ способствовалъ утвержденію именно этой точки зрѣнія. Вопросъ не только затрудняется неравенствомъ геотермическаго градуса въ разныхъ мѣстахъ земли и существованіемъ многихъ неправильностей, но онъ дѣлается прямо неразрѣшимымъ, такъ какъ самыя большія глубины, которыхъ достигъ человѣкъ, ничтожны сравнительно съ діаметромъ земли. *В. Томсонъ* вычислилъ, что если охлажденіе земли продолжается 100 милліоновъ лѣтъ, то увеличеніе геотермическаго градуса можно подмѣтить только на разстояніи $^1/_{10}$ ея діаметра, т.-е. на глубинѣ 40000 м.; если же оно продолжается 1 милліонъ лѣтъ, что, между прочимъ, совсѣмъ уже невѣроятно, то глубина эта уменьшается до 4000 м. Отсюда видно, что мы не можемъ наблюдать измѣненія геотермическихъ градусовъ въ нашихъ рудникахъ и буровыхъ скважинахъ.

Глубина большой Шперенбергской буровой скважины достигаетъ 1272 м., т.-е. она равняется приблизительно $^1/_{5000}$ земного радіуса, ее можно сравнить съ крошечнымъ уколомъ въ $^1/_{10}$ мм., сдѣланнымъ на глобусѣ съ діаметромъ въ 1 м. Ясно, что при такой ограниченности наблюденій нельзя установить экспериментальнымъ путемъ законъ возрастанія температуры по направленію къ центру земли, и что наши геотермическія наблюденія не могутъ привести къ точнымъ выводамъ. Успѣхи техники въ ближайшія столѣтія врядъ ли позволятъ человѣку углубить его шахты до 10 миль, т.-е. до той глубины, гдѣ возможно рѣшеніе вопроса; тамъ господствуетъ страшный жаръ, измѣряемый тысячами градусовъ.

Если теплота глубокихъ частей земли является остаткомъ первоначальнаго жара, то по измѣненіямъ температуры по направленію къ центру можно сдѣлать извѣстныя заключенія о *возрастѣ земли.* Такія вычисленія произведены знаменитымъ физикомъ *Вильямомъ Томсономъ;* вслѣдствіе неточности данныхъ, цыфры, полученныя этимъ ученымъ, колеблются въ большихъ предѣлахъ. Данными, на которыхъ основывалъ онъ вычисленія, были: температура, при которой началось отвердѣваніе земли, теплопроводность горныхъ породъ и геотермическій градусъ. Такъ какъ ни одна изъ этихъ величинъ въ точности неизвѣстна, то въ одномъ случаѣ Томсонъ бралъ самую большую величину, въ другомъ самую меньшую и въ третьемъ случаѣ среднюю. Этимъ путемъ онъ пришелъ къ заключенію, что съ того момента, какъ земля начала отвердѣвать, протекло не менѣе 20 милліоновъ и не болѣе 400 милліоновъ лѣтъ; самымъ вѣроятнымъ оказывается число, лежащее въ предѣлахъ между 90 и 200 милліонами лѣтъ.

Очень многіе считаютъ эти цыфры весьма вѣроятными. Было бы весьма важно достичь безусловнаго опредѣленія времени въ исторіи земли, а потому понятно, что мысль, высказанная такимъ авторитетнымъ ученымъ, сразу пріобрѣла множество сторонниковъ. Но математическія вычисленія могутъ дать правильные результаты только тогда, когда въ основаніи ихъ положены вѣрныя данныя, при недостаткѣ послѣднихъ математика безсильна. Вычисленія Томсона имѣли бы право на всеобщее признаніе только въ томъ случаѣ, если бы всѣ три величины, положенныя въ ихъ основаніе, были вѣрны, и если бы не существовало никакого четвертаго условія, которое было бы упущено изъ виду. Первое, можетъ быть, удалось бы и исправить, но въ вычисленіяхъ Томсона не выполнено и второе условіе. Разсматривая вопросъ объ охлажденіи солнца, мы видѣли, что при сокращеніи его массы развивается теплота, которая восполняетъ потери, происходящія

вслѣдствіе лучеиспусканія; то же самое слѣдуетъ сказать и о землѣ: и она въ началѣ охлажденія подвергалась сильнымъ сокращеніямъ, теплота освобождалась, и процессъ остыванія замедлялся. Какъ велико было вліяніе этого условія, мы не знаемъ. Во всякомъ случаѣ вычисленія, не принимающія его въ разсчетъ, не могутъ быть вѣрными, а потому возрастъ земли выражается на самомъ дѣлѣ цыфрами, которыя должны быть значительно ниже вычисленныхъ Томсономъ.

Независимо отъ приведенныхъ возраженій, всѣ до сихъ поръ разсмотрѣнныя вычисленія, догадки, гипотезы ложны въ самомъ основаніи: онѣ упускали изъ виду одно весьма важное обстоятельство: наблюдая въ той или другой мѣстности повышеніе температуры съ глубиной, предполагаютъ, что горныя породы получили свою теплоту непосредственно при охлажденіи изъ расплавленнаго состоянія. Это допущеніе не вѣрно: большинство наблюденій производится надъ тѣми горными породами, которыя осѣли изъ воды на днѣ морей и озеръ; мы даже вообще не знаемъ ни одной горной породы, которую можно было бы разсматривать, какъ одну изъ составныхъ частей первоначальной земной коры. Ту высокую температуру, которую наблюдаемъ мы въ глубинѣ изслѣдуемыхъ горныхъ породъ, нельзя считать остаткомъ первобытнаго жара: осадочныя породы получили свою теплоту отъ тѣхъ первоначальныхъ продуктовъ остыванія, которыя залегаютъ на болѣе значительныхъ глубинахъ. Мы не можемъ входить въ разсмотрѣніе слѣдствій, которыя отсюда вытекаютъ, и ограничимся указаніемъ, что всѣ гипотезы и вычисленія должны быть пересмотрѣны съ указанной точки зрѣнія.

Толщина земной коры и состояніе внутренности земли.

Несомнѣнно, что увеличеніе температуры, по направленію къ центру земли, представляетъ явленіе, которое не ограничивается верхними слоями земной коры, а продолжается и на значительныхъ глубинахъ. Возрастаніе температуры постепенно, но мы не знаемъ, до какихъ областей оно происходитъ и какого градуса достигаетъ. Во всякомъ случаѣ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ поверхности, на глубинахъ, которыя сравнительно съ діаметромъ нашей планеты очень малы, господствуетъ чрезвычайно большой жаръ. Если мы допустимъ, что геотермическій градусъ=33 м., то уже на глубинѣ 66 клм. или неполныхъ 9 миль должна существовать температура 2000^0; ея достаточно, чтобы расплавить всѣ горныя породы, по крайней мѣрѣ при условіяхъ, которыя наблюдаются на дневной поверхности. Должны ли мы заключить отсюда, что внутри земли находится огненножидкая масса? И если это такъ, то на какой глубинѣ она лежитъ? Эти вопросы принадлежатъ къ числу важнѣйшихъ, но и самыхъ трудныхъ во всей геологіи. Рѣшеніемъ ихъ наука занимается съ давнихъ временъ, но удовлетворительный отвѣтъ невозможенъ и въ настоящую минуту.

Уже *Декартъ и Лейбницъ* допускали существованіе огненножидкаго ядра внутри земли, но только *Лапласъ, Фурье* и *Кордье* научно обосновали эту гипотезу. Повышеніе температуры по направленію къ центру и существованіе горячихъ ключей подтверждаютъ ее, а лавы, выливающіяся изъ вулкановъ, прямо указываютъ на существованіе внутри земли расплавленной массы. Сходство состава лавъ въ разныхъ мѣстахъ земли заставляетъ приписать имъ общее происхожденіе изъ одной большой центральной массы и дѣлаетъ невозможнымъ объясненіе вулканическихъ

явленій мѣстными процессами. Во всѣ періоды исторіи земли, до самыхъ послѣднихъ временъ, наблюдаются сильныя колебанія материковъ, которыя указываютъ, повидимому, на существованіе подъ ними какой-то подвижной основы. Сжатіе земли у полюсовъ служитъ также доказательствомъ первоначальнаго огненножидкаго состоянія земли: тѣло твердое никогда не могло бы пріобрѣсти форму, которая соотвѣтствуетъ формѣ вращающихся жидкихъ тѣлъ.

Приведенные факты представляютъ достаточно основаній, чтобы допустить существованіе огненножидкаго ядра внутри земли, и въ настоящее время очень многіе убѣждены въ справедливости этой гипотезы. Что же касается толщины земной коры, то мнѣнія раздѣляются: одни думаютъ, что уже на глубинѣ въ $2^1/_2$ мили или, по крайней мѣрѣ, на глубинѣ въ 5—6 миль начинается расплавленная масса; другіе считаютъ невѣроятнымъ существованіе такой тонкой коры и справедливо полагаютъ, что она должна простираться не менѣе, чѣмъ на 14—20 миль; цыфра эта принимается теперь многими и пріобрѣтаетъ все болѣе и болѣе сторонниковъ.

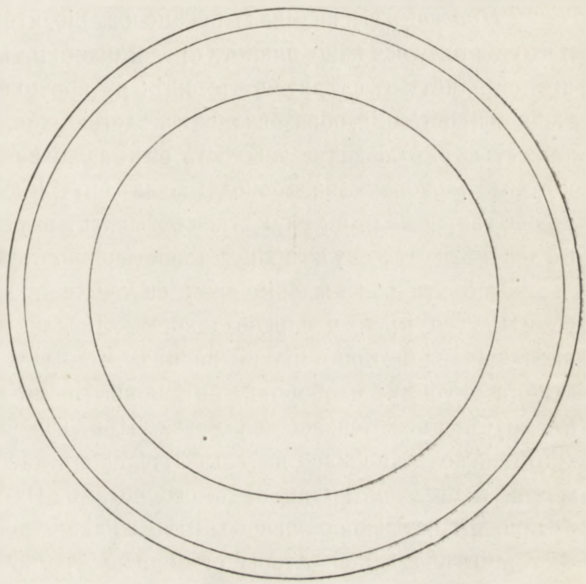


Рис. 139. Схематическій разрѣзъ земли.

Однако, и въ послѣднемъ случаѣ различіе въ размѣрахъ твердой оболочки и центральнаго жидкаго ядра было бы слишкомъ велико: на глобусѣ съ діаметромъ въ 1 м. кора оказалась бы не толще 23 мм. Для нагляднаго представленія приведенныхъ цыфръ служитъ схематическій рисунокъ (фиг. 139). Внѣшній кругъ представляетъ окружность земли, толщина крайней линіи—земную кору въ 6 геогр. миль, пространство между первымъ и вторымъ кругомъ—кору въ 55 миль, и, наконецъ, разстояніе между внѣшнимъ и внутреннимъ кругами соотвѣтствуетъ 250 милямъ. Въ настоящее время сторонники огненножидкаго ядра приписываютъ земной корѣ толщину, значительно превосходящую 20 миль. Изъ опыта извѣстно, что вслѣдствіе давленія точка плавленія повышается. Внутри земли существуетъ чрезвычайно высокое давленіе, и отсюда уже необходимо допустить, что огненножидкая масса во всякомъ случаѣ располагается на очень значительной глубинѣ.

Физики и астрономы неоднократно оспаривали возможность огненножидкаго состоянія земного ядра, но безуспѣшно. *Гопкинсъ* въ основаніе своихъ разсужденій положилъ явленія такъ называемой процессіи. Луна и въ меньшей степени солнце производятъ притягательное дѣйствіе на экваторіальныя части земли и измѣняютъ направленіе земной оси. Это чрезвычайно медленное движеніе и извѣстно въ астрономіи подъ именемъ *процессіи или предваренія равноденствія*. Явленіе должно протекать различно въ зависимости отъ того, представляетъ ли земля твердый шаръ, окружена ли она тонкою корой, или же состоитъ изъ толстой оболочки и относи-

тельно небольшого ядра. Гопкинсу удалось доказать, что наблюдаемая въ дѣйствительности процессія соотвѣтствуетъ твердой корѣ приблизительно въ 170—215 геогр. миль. Отсюда онъ заключилъ, что весь земной шаръ можно разсматривать, какъ твердое тѣло, въ которомъ только мѣстами существуютъ полости, заполненныя огненножидкою массой.

Совершенно справедливо указывали, что вычисленія *Гопкинса* стоятъ на ложной почвѣ; расплавленная масса земной внутренности не можетъ быть настоящею жидкостью, какъ допускаетъ этотъ ученый, а настолько густа и тягуча что частицы ея передвигаются съ большимъ внутреннимъ треніемъ; кромѣ того, существуетъ треніе и на границѣ соприкосновенія расплавленной массы съ земною корой. Вслѣдствіе этого выводы Гопкинса не вѣрны, даже въ случаѣ очень быстраго вращенія, тѣмъ болѣе они не примѣнимы къ такому медленному движенію, какъ явленіе процессіи.

Пуассонъ высказывалъ предположеніе, что отвердѣваніе земли началось извнутри и что поэтому вся наша планета представляетъ твердую массу. Процессъ остыванія онъ представляетъ въ слѣдующемъ видѣ: на поверхности земли, находившейся въ огненно-жидкомъ состояніи, образовались вслѣдствіе охлажденія твердыя глыбы; превосходя своей тяжестью окружающую жидкость, онѣ падали внизъ. Подъ вліяніемъ того сильнаго жара, который первоначально господствовалъ внутри земли, эти глыбы должны были снова расплавиться, но мало-по-малу стали остывать и внутреннія массы; твердыя части собрались въ центрѣ, и отсюда уже процессъ постепенно сталъ распространяться къ поверхности.

Всѣ эти разсужденія кажутся очень простыми, но многіе факты заставляютъ сомнѣваться въ ихъ справедливости. Лава часто застываетъ на глазахъ геологовъ: наблюдая ея потоки, мы не видимъ, чтобы застывшія глыбы падали съ поверхности въ глубину; наоборотъ, онѣ покрываютъ всю лаву корою, подъ которой, точно въ трубѣ, движется жидкая масса. При изверженіи Этны въ 1865 доду *Сильвестри* даже становился на глыбы шлаковъ лаваго потока, находившагося въ движеніи, и онѣ не тонули подъ его ногами. Оставляя въ сторонѣ вопросъ о томъ, будетъ ли остывшая лава плотнѣе жидкой, достаточно указать только на тягучее состояніе послѣдней, чтобы стало яснымъ, почему въ ней не могутъ тонуть застывшія глыбы. Тѣ же явленія происходили на землѣ, когда она была огромнымъ расплавленнымъ шаромъ; ея магма передъ началомъ застыванія должна была сдѣлаться густой и тягучей, и только послѣ этого мѣстами стали появляться застывшіе твердые участки; если даже допустить, что плотность ихъ была болѣе плотности окружающей жидкости, то, въ виду сказаннаго выше, врядъ ли они могли потонуть и въ этомъ случаѣ. Такимъ образомъ, гипотеза Пуассона совсѣмъ не доказана, и большинство фактовъ говоритъ даже противъ нея. На основаніи опытовъ *Маллета, Сименса* и др., стекло, близкое по своимъ свойствамъ къ лавѣ, при застываніи слегка расширяется; новѣйшія изслѣдованія показали, что желѣзо, а также гранитъ, базальтъ и др. горныя породы, содержащія силикаты, выдѣлились изъ одинаковой съ ними по составу расплавленной массы; *Нисъ* (Nies) доказалъ, что застывшія лавовыя глыбы плаваютъ не только вслѣдствіе густоты и тягучести магмы, а главнымъ образомъ вслѣдствіе меньшаго удѣльнаго вѣса ихъ.

Такимъ образомъ, первыя попытки рѣшенія геофизическихъ задачъ съ механико-астрономической точки зрѣнія не привели ни къ какимъ оснзательнымъ выводамъ. Въ новомъ любопытномъ освѣщеніи представились эти вопросы, бладодаря трудамъ выдающагося геофизика *В. Томсона* (лорда Кельвина) и математика *Дарвина*. *Томсонъ* рѣшалъ геологическіе вопросы путемъ вычисленій; онъ, между про-

чимъ, нашелъ, что шаръ, обладающій діаметромъ и скоростью движенія земли и состоящій изъ стекла, стали или какого-нибудь другого твердаго вещества, долженъ сплюснуться у полюсовъ подъ вліяніемъ центробѣжной силы; степень сжатія его будетъ только незначительно отличаться отъ сплюснутости, наблюдаемой теперь на землѣ. Такимъ образомъ, мысль *Ньютона*, утверждавшаго, что земля своей формой обязана первоначальному жидкому состоянію, теряетъ свою убѣдительность. Та незначительная степень пластичности, которою обладаютъ даже твердыя тѣла, по мнѣнію *Томсона*, достаточна для того, чтобы произошло сжатіе шара у полюсовъ. Эти данныя устраняютъ, повидимому, представленіе о полной неспособности твердыхъ тѣлъ видоизмѣнять свою форму; притягательное дѣйствіе луны и солнца, выражающееся въ жидкой оболочкѣ земли существованіемъ приливовъ и отливовъ, должно распространяться и на материки: послѣдніе также могутъ обнаруживать своего рода приливы, но, конечно, весьма незначительные; доказать ихъ непосредственно представляется чрезвычайно труднымъ. Но въ послѣднее время и этотъ вопросъ близокъ къ рѣшенію. Всестороннее изученіе морскихъ приливовъ и находящіяся еще въ зачаткѣ наблюденія *Ребёра-Пашвица* и др. надъ чрезвычайно чувствительнымъ горизонтальнымъ маятникомъ, который при помощи самопишущаго прибора отмѣчаетъ ничтожныя измѣненія горизонтальной плоскости, повидимому, подтверждаютъ существованіе приливовъ и отливовъ въ твердой корѣ.

Мысль о твердомъ состояніи земного ядра была подхвачена многими геологами: въ основѣ этой теоріи лежало допущеніе, что твердыя тѣла въ извѣстной степени способны къ измѣненію формы; съ другой стороны, наблюденія надъ складчатыми горами заставляли предположить, что горныя породы, залегающія на большой глубинѣ дѣйствительно обладаютъ извѣстной пластичностью. Причину твердаго состоянія земного ядра видѣли въ сильномъ давленіи, которое, несмотря на высокую температуру, не допускаетъ плавленія. Вулканическія изверженія, повидимому, противорѣчили этому допущенію, но *Рейеръ* устранилъ всѣ недоразумѣнія; онъ показалъ, что и твердая магма, находясь подъ сильнымъ давленіемъ, способна извергаться. Если въ располагающихся выше твердыхъ массахъ образуются трещины и вслѣдствіе этого уменьшится давленіе, то магма перейдетъ въ жидкое состояніе и вырвется наружу. Позднѣе вниманіе геологовъ было привлечено къ другой теоріи, которая занимала средину между ученіемъ о твердомъ и огненно-жидкомъ состояніи земного ядра. Она предполагала существованіе жидкой магмы или въ формѣ ограниченныхъ бассейновъ, или же въ видѣ непрерывнаго промежуточнаго слоя между твердой корой и твердымъ ядромъ. Теорія эта была разработана *Гопкинсомъ* и послѣ обнародованія поразительныхъ уклоненій земной тяжести въ Гималаяхъ снова пріобрѣла много сторонниковъ среди англійскихъ и французскихъ ученыхъ. *Праттъ* и *Фай* (*Faye*) объясняютъ увеличеніе земной тяжести на океаническихъ островахъ бо́льшею мощностью твердой коры, располагающейся надъ промежуточнымъ огненно-жидкимъ слоемъ. Какъ извѣстно, на днѣ океана господствуетъ постоянная температура, близкая къ 0^0; на большихъ глубинахъ она достигаетъ -1^0 и даже -2^0 Ц. Вслѣдствіе этого океаническія области теряютъ много теплоты, и земная кора на днѣ океана быстро утолщается, а по *Фаю* и уплотняется. Для объясненія компенсаціи массъ, которая, какъ мы знаемъ, происходитъ на земной поверхности, *Фай* допускаетъ, что твердая оболочка плотнѣе верхнихъ слоевъ жидкаго промежуточнаго слоя. Воззрѣнія англійскаго астронома *Эри* въ об-

щемъ сходны съ мнѣніями Фая, но въ частностяхъ представляютъ и отличія. По представленію этого ученаго, материки съ ихъ горами лежатъ на толстой твердой корѣ, которая на днѣ океана уплотнена и обладаетъ меньшею мощностью. Промежуточный огненно-жидкій слой сравнительно съ твердою оболочкой долженъ обладать большимъ удѣльнымъ вѣсомъ, и потому онъ производитъ уравновѣшиваніе тяжести. Горы, по мнѣнію *Эри*, сильнѣе нагружены въ магму, чѣмъ окружающія ихъ части; скопленіямъ массъ на земной поверхности соотвѣтствуютъ въ магмѣ особые выступы, или такъ называемые корни горъ. Къ этому мнѣнію присоединяется и геофизикъ *О. Фишеръ*.

Что касается внутренняго ядра, то въ послѣднее время оно также обращало вниманіе ученыхъ. Особенно были успѣшны изслѣдованія *Риттера* и *Цёпприца;* на основаніи вычисленій они пришли къ заключенію, что въ центрѣ земли господствуетъ температура около 20000° Ц. и давленіе въ 3 милліона атмосферъ. О физическихъ свойствахъ тѣлъ, при такихъ исключительныхъ условіяхъ, мы не имѣемъ никакого представленія. Опираясь на лабораторныя изслѣдованія, мы можемъ только сказать, что температура земного ядра лежитъ выше критическихъ температуръ всѣхъ тѣлъ. Какъ мы уже знаемъ, критической называется такая температура, при которой, газообразное тѣло не можетъ быть переведено въ жидкое состояніе даже при очень высокихъ давленіяхъ. Отсюда, если температура земной внутренности вычислена правильно, — ядро земли, несмотря на высокое давленіе, не можетъ быть жидкимъ: оно находится въ особомъ видѣ газообразнаго состоянія, которое можно назвать *надкритическимъ*, и при всей своей плотности обладаетъ свойствомъ газовъ заполнять пространство, въ которомъ оно находится.

Въ центрѣ земли всѣ химическія соединенія должны быть разложены, и элементы находятся въ свободномъ состояніи; по направленію къ поверхности давленіе понижается, и химическія соединенія образуются вновь. Вокругъ ядра, обладающаго надкритической температурой, находится, повидимому, газовая оболочка; она постепенно переходитъ въ жидкую массу; далѣе располагается пластическое вещество, представляющее переходъ къ твердой корѣ (литосферѣ). Такое представленіе о свойствахъ земной внутренности, конечно, не лишено гипотетическаго характера, но оно удовлетворяетъ физиковъ и до извѣстной степени облегчаетъ геологамъ объясненіе вулканическихъ явленій и процессовъ горообразованія. Ядро, находящееся въ надкритическомъ состояніи, должно обладать большою плотностью, и потому эта теорія въ своихъ главныхъ чертахъ совпадаетъ съ воззрѣніями *Томсона*, который допускаетъ существованіе твердаго земнаго ядра.

Оглядываясь назадъ, мы можемъ спросить, велико ли количество положительныхъ знаній нашихъ о состояніи земной внутренности; къ сожалѣнію, оно оказывается очень скромнымъ. На основаніи всего сказаннаго мы можемъ придти къ одному несомнѣнному выводу, что ни путемъ математическаго анализа, ни путемъ физическихъ и геологическихъ умозрѣній нельзя достигнуть результата, если всѣ изслѣдованія не будутъ идти рука объ руку съ наблюденіями. Конечно, послѣднія представляютъ немало трудностей, требуютъ много времени и терпѣнія, но неизмѣримое преимущество ихъ въ томъ, что всѣ выводы, добытые индуктивнымъ путемъ, обладаютъ неоспоримымъ значеніемъ. Будемъ надѣяться, что наблюденія надъ морскими приливами, опыты съ горизонтальнымъ маятникомъ, изслѣдованія явленій процессіи и измѣренія земной тяжести съ теченіемъ времени позволятъ намъ съ большею точностью, чѣмъ теперь, говорить о физическихъ свойствахъ земной коры и о состояніи внутренности земного шара.

II. Динамическая геологія.

3. Вулканы.

Предметъ динамической геологіи.—Везувій.—Продукты вулканическихъ изверженій.—Теорія поднятія и теорія накопленія.— Флегрейскія поля.— Остальные вулканы Италіи.—Вулканическіе острова Атлантическаго океана.— Европейскіе вулканы.— Вулканы Азіи, восточной Африки и Индѣйскаго океана.— Американскіе вулканы.— Вулканы Тихаго океана.— Число вулкановъ.—Дѣленіе вулкановъ.—Массовыя изверженія.—Разрушеніе вулканическихъ горъ.— Причины и предшественники вулканическихъ изверженій.

Предметъ динамической геологіи.

Всякій знаетъ, что поверхность земли не всегда была такова, какою представляется намъ теперь и не всегда такою останется; материки и моря, горы и равнины, ручьи и рѣки, какъ бы малы они не были, имѣютъ свою длинную исторію. Современная форма ихъ опредѣлилась путемъ постепенныхъ измѣненій. Дальнѣйшія измѣненія совершаются по тѣмъ же законамъ. Каждый день влечетъ за собою перемѣны: вулканы непрерывно выбрасываютъ лаву, пепелъ и камни, участки земной коры перемѣщаются вдоль трещинъ и производятъ землетрясенія, рѣки несутъ твердыя частицы, взятыя внутри материковъ, и отлагаютъ ихъ на днѣ морей. На ряду съ этимъ, множество другихъ дѣятелей изо дня въ день работаетъ надъ разрушеніемъ однихъ образованій и надъ созиданіемъ другихъ. Всѣ эти процессы совершаются такъ медленно, что въ теченіи короткаго времени мы не замѣчаемъ ихъ и даже привыкаемъ думать, что земля остается въ главныхъ чертахъ неизмѣнною. Но проходятъ милліоны лѣтъ, и результатомъ постепенной работы незамѣтныхъ дѣятелей являются величественныя измѣненія земной поверхности.

Изученіе этихъ измѣненій составляетъ главную задачу геологіи. Всѣ явленія, происходящія на земной поверхности, состоятъ въ новообразованіи, измѣненіи и разрушеніи массъ, составляющихъ ее. Геологія изслѣдуетъ силы, которыя производятъ эти явленія, и дѣятелей, при участіи которыхъ онѣ совершаются, а также изучаетъ законы дѣйствія послѣднихъ. Среди путей, ведущихъ къ разрѣшенію этой задачи, самый простой и точный заключается въ изслѣдованіи процессовъ, совершающихся на землѣ и доступныхъ непосредственному наблюденію, а также въ выясненіи тѣхъ результатовъ, къ которымъ приведутъ такіе процессы въ теченіе долгаго времени. Главною особенностью современной науки и является введеніе этого метода. Впервые онъ былъ предложенъ *Гоффомъ*, авторомъ „Исторіи есте-

ственныхъ измѣненій земной поверхности" („Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche"), и введенъ во всеобщее употребленіе *Ляйэллемъ* въ его „Основаніяхъ геологіи" („Principles of geology").

Являясь противникомъ большихъ переворотовъ, которые будто бы совершались въ прежнія геологическія эпохи, и признавая полное однообразіе процессовъ во всѣ періоды исторіи земли, *Ляйэлль* довелъ свое ученіе до крайности. Нельзя не соглашаться съ нимъ, когда онъ ратуетъ противъ внезапнаго появленія горныхъ цѣпей и мгновеннаго образованія вулкановъ, вслѣдствіе вспучиванія земной коры, или когда онъ отвергаетъ возможность большихъ потоповъ, рѣшающее вліяніе земной теплоты на климатъ и рядъ другихъ ошибочныхъ допущеній, — наконецъ, когда онъ всѣ величественныя геологическія явленія приписываетъ *совокупному дѣйствію малыхъ силъ*. Допуская, что земля развивалась постепенно въ теченіе долгаго времени, онъ просто и удовлетворительно объясняетъ геологическіе факты, между тѣмъ какъ отвергаемыя имъ гипотезы требовали произвольныхъ предположеній, противорѣчащихъ законамъ физики и химіи.

Но крайніе взгляды *Ляйэлля* не могли быть приняты современною наукой: мы не можемъ допустить безусловной и повсемѣстной равномѣрности геологическихъ измѣненій, особенно въ древнѣйшіе періоды жизни земли. Какъ видно изъ предыдущихъ главъ, повышеніе температуры по направленію къ центру, существованіе вулкановъ и современное состояніе многихъ небесныхъ тѣлъ заставляютъ предположить, что первоначально наша планета находилась въ расплавленномъ состояніи и мало-по-малу отвердѣла; при постепенномъ остываніи земли однѣ силы, дѣйствующія на ея поверхности, должны были усилиться, другія ослабѣть. Конечно, такія измѣненія происходили очень медленно, и со времени кембрійскаго періода почти незамѣтны. Но фактъ ихъ существованія не подлежитъ сомнѣнію, и въ признаніи его заключается отличіе современной геологіи отъ ученія *Ляйэлля*, который склоненъ отрицать даже расплавленное состояніе земли въ первые періоды ея существованія. Но если въ принципіальномъ отношеніи различіе между ученіемъ *Ляйэлля* и современною наукой велико, то въ объясненіи отдѣльныхъ явленій несогласіе ничтожно. Мы стоимъ во всякомъ случаѣ на той почвѣ, которую указали *Гоффъ* и *Ляйэлль*, и ищемъ объясненія геологическихъ явленій путемъ изслѣдованія совершающихся теперь измѣненій. Конечно, этотъ методъ не вездѣ примѣнимъ: нѣкоторые процессы совершаются столь медленно и постепенно, что не только короткой человѣческой жизни, но и тѣхъ немногихъ столѣтій, въ теченіе которыхъ ведутся научныя изслѣдованія, недостаточно для ихъ изученія; нѣкоторыя силы дѣйствуютъ на недосягаемой глубинѣ и навсегда останутся недоступными человѣческому глазу. Въ этихъ случаяхъ мы можемъ дѣлать заключенія только по тѣмъ окончательнымъ результатамъ процесса, которые непосредственно наблюдаются. Гдѣ невозможно и это, тамъ путемъ аналогіи, и на основаніи общихъ физическихъ и химическихъ законовъ, наука устанавливаетъ рядъ вѣроятныхъ процессовъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ прибѣгаетъ и къ дедуктивному методу. Не надо, впрочемъ, забывать, что, выходя за предѣлы естественно-научной индукціи, мы получаемъ неточные выводы, и тѣмъ болѣе удаляемся отъ истины, чѣмъ далѣе распространяется рядъ подобныхъ заключеній.

Тотъ отдѣлъ геологіи, который изслѣдуетъ измѣненія массъ и дѣйствующія при этомъ силы, называется *динамическою геологіею*. Всѣ силы, измѣняющія видъ

земли, распадаются на двѣ группы; къ первой относятся тѣ изъ нихъ, которыя имѣютъ земное происхожденіе, ко второй тѣ, которыми выражается дѣйствіе небесныхъ тѣлъ, и прежде всего солнца и луны; такимъ образомъ существуютъ силы *теллурическія* и *сидерическія* (tellus — земля, sidus — звѣзда). Подъ вліяніемъ солнечной теплоты происходитъ испареніе воды, выпаденіе дождя и снѣга, движеніе воды въ формѣ ключей, рѣкъ и морскихъ теченій; солнцу же обязаны мы чередованіемъ холода и тепла, движеніемъ воздуха и существованіемъ животнаго и растительнаго міра, который, въ свою очередь, является важнымъ дѣятелемъ геологическихъ измѣненій. Луна вмѣстѣ съ солнцемъ обусловливаетъ существованіе приливовъ и отливовъ на морѣ. Дѣятельность этихъ силъ сводится главнымъ образомъ къ слѣдующему: все высокое, выступающее на земной поверхности, разрушается, продукты разрушенія сносятся въ долины, низменности, моря и отлагаются тамъ.

Иной характеръ носятъ теллурическія силы: на первомъ планѣ стоятъ явленія вулканическія, землетрясенія, горообразующіе процессы — въ широкомъ смыслѣ этого слова. Всѣ эти грандіозныя явленія не могутъ быть сведены ни къ солнечной теплотѣ, ни къ притягательному дѣйствію ближайшихъ небесныхъ тѣлъ: они, очевидно, находятся въ связи съ процессами, происходящими внутри нашей планеты. Результатъ ихъ дѣятельности совсѣмъ уже иной: вулканическія силы выдвигаютъ величественные конуса горъ и выносятъ изъ глубины на поверхность лаву, каменныя глыбы, пепелъ; горообразующимъ процессамъ обязаны возникновеніемъ большія горныя цѣпи, прорѣзывающія наши материки; наконецъ, землетрясенія, происходящія вслѣдствіе перемѣщенія частей земной коры по линіямъ трещинъ, принадлежатъ къ числу явленій, которыя не только не сглаживаютъ неровностей земной поверхности, но даже увеличиваютъ ихъ. Такимъ образомъ въ образованіи формы земной поверхности участвуютъ двѣ группы противуположныхъ другъ другу дѣятелей: *теллурическія силы сообщаютъ землѣ выпуклости, вызываютъ образованіе возвышенностей и низменностей; сидерическія же силы выровниваютъ, — сглаживаютъ ее;* форма земной поверхности въ каждый данный моментъ представляетъ результатъ того равновѣсія, которое установилось на нѣкоторое время между тѣми и другими дѣятелями.

Везувій.

Среди всѣхъ геологическихъ дѣятелей, производящихъ въ сравнительно короткое время огромныя измѣненія земной поверхности, однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ являются вулканы. Къ разсмотрѣнію ихъ мы теперь и обратимся. Вулканы встрѣчаются во всѣхъ частяхъ свѣта; изъ нихъ до 300 дѣйствуютъ и теперь, а 400 — 500 извергались еще въ историческое время, или недавно прекратили свою дѣятельность: кратеръ, лавовые потоки и рыхлые продукты ихъ изверженій свѣжи.

На европейскомъ материкѣ существуетъ теперь только одинъ дѣйствующій вулканъ — *Везувій*. Кромѣ того, имѣются опредѣленныя извѣстія объ изверженіяхъ въ историческое время Флегрейскихъ полей и Меѳаны въ Греціи. Среди огнедышащихъ горъ, Везувій особенно привлекаетъ путешественниковъ и отлично изученъ; такъ какъ вмѣстѣ съ Флегрейскими полями онъ удовлетворительно объясняетъ большую часть явленій, то мы съ него и начнемъ наше знакомство съ вулканами. Кто видалъ окрестности Неаполя (см. карту на рис. 140), тотъ не могъ не обра-

тить вниманіе на контрасты между отдѣльными частями залива; они и создаютъ тѣ очаровательные виды, которыми такъ славится эта мѣстность. Если со стороны Неаполя, съ той части берега, гдѣ лежитъ акваріумъ, смотрѣть на море, то вдали представится цѣпь высокихъ зубчатыхъ горъ, образованныхъ свѣтлыми известняками и рѣзко выдѣляющихся среди всей мѣстности; это — цѣпь Монте Анджело (въ древности Mons Lactarius); она начинается въ окрестностяхъ Салерно и Амальфи, спускается склонами къ Кастелламаре и Сорренто и оканчивается на мысѣ Минервы

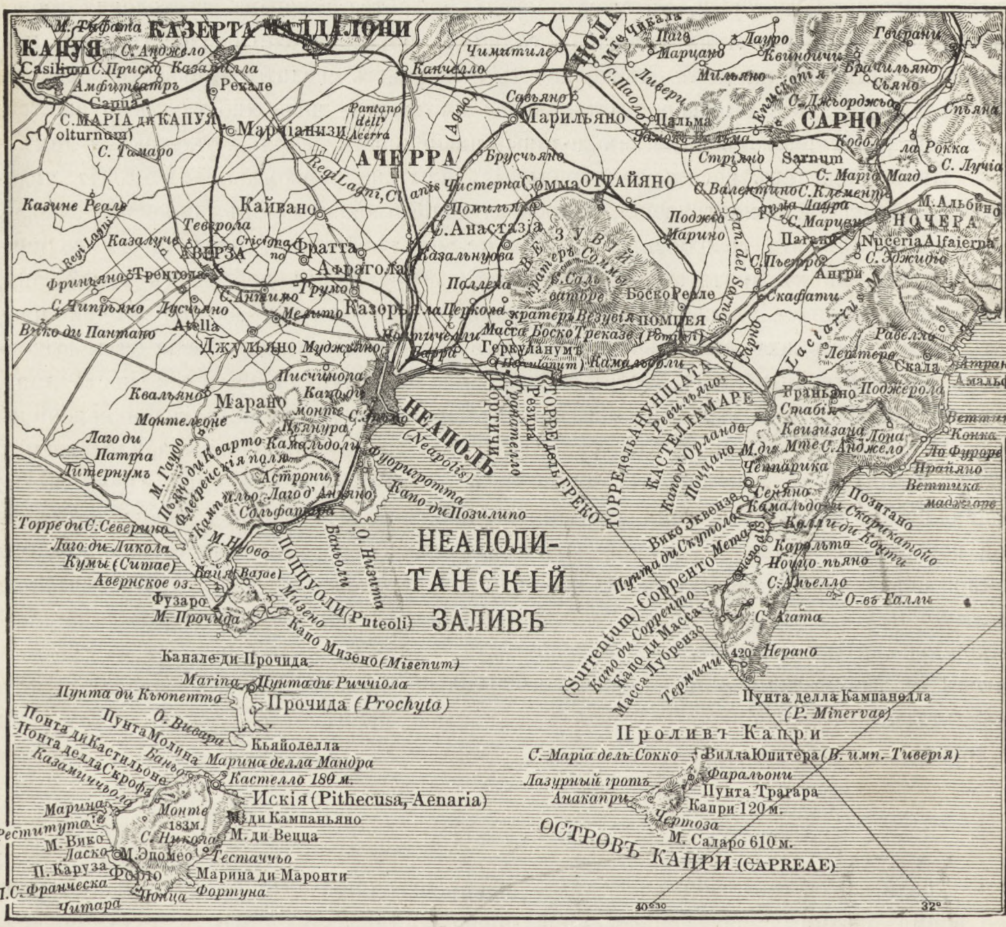


Рис. 140. Окрестности Неаполя.

(Пунта делла Кампанелла); продолженіемъ цѣпи служитъ уже островъ Капри. Этотъ рядъ известковыхъ холмовъ мѣловой системы ограничиваетъ заливъ съ юго-востока и является отрогомъ Аппенинъ; онъ образованъ древними морскими осадками и не имѣетъ ничего общаго съ вулканическими явленіями.

Система рѣки Сарно съ ея большими притоками отдѣляетъ цѣпь Монте Анджело отъ Везувія; величественный конусъ его и полукругъ Соммы, рѣзко выдѣляются своими темными массами среди окружающей низменности; они могутъ служить прекраснымъ примѣромъ вулкана, дѣйствующаго въ теченіе долгаго времени, и представляютъ поразительную противуположность длинной цѣпи Монте Анджело. Иной характеръ носитъ мѣстность, расположенная къ западу; здѣсь нѣтъ и слѣда

самостоятельныхъ кратеровъ, но вулканическій матеріалъ лежитъ всюду; рыхлые продукты изверженій,—пепелъ, песокъ и такъ называемыя лапилли (или рапилли) нагромождены кучами; вода превратила ихъ въ вулканическіе туфы, которые и составляютъ почву счастливой Кампаніи.

Къ западу отъ Неаполя за мысомъ Позилиппо замѣтны опять ясные слѣды вулканической дѣятельности; отъ острова Низиты и Камальдоли до Капо-Мизено тянутся многочисленные малые и большіе кратеры. Пьянура у Камальдоли, Сольфатара, Астрони, Гаурусъ, Монте Нуово, Авернское и Аньянское озера и др.,— все это кратеры одной и той же вулканической области, цѣлой системы вулкановъ: изверженія происходили не изъ одной центральной точки, какъ это мы видимъ въ Везувіѣ, но изъ цѣлаго ряда вновь появляющихся и исчезающихъ отверстій. Поэтому здѣсь не могло образоваться большой горы, вся мѣстность покрылась множествомъ конусовъ, расположенныхъ другъ около друга. Острова Прочида и Искія, составляющіе продолженіе Флегрейскихъ полей, приближаются къ известнякамъ Капри и замыкаютъ съ юга обширный Неаполитанскій заливъ.

Везувій у своего подножія занимаетъ $3^3/_4$ кв. геогр. мили; онъ возвышается на 595 м. надъ уровнемъ моря въ видѣ отлогаго конуса и служитъ подножіемъ двухъ горъ—*Соммы* и собственно *конуса Везувія*. Сомма представляетъ полукруглый валъ, спускающійся отлогими склонами къ мѣстечкамъ Сомма, Оттайяно и др., и обрывающійся крутыми уступами къ центральному конусу. По обѣ стороны полукругъ Соммы обрѣзанъ; другую половину кольца составляетъ плоская терраса *Ле-Пьяне*, окружающая весь Везувій; она хорошо извѣстна каждому посѣтителю Везувія: здѣсь проходитъ ровная дорога отъ обсерваторіи къ тому мѣсту, гдѣ обыкновенно подымаются на конусъ Везувія, и гдѣ находится станція недавно построенной канатной дороги.

Въ центрѣ круга, образованнаго Соммой и террассой Пьяне, возвышается главная вершина Везувія, въ которой и находится современный кратеръ. Это— крутой конусъ со склонами въ 30—31°. Отъ Соммы онъ отдѣленъ дикимъ полукруглымъ ущельемъ *Атріо дель Кавалло*, которое располагается приблизительно на 300 м. ниже Соммы и на 480 м. ниже центральнаго конуса. Видъ горы различенъ съ разныхъ сторонъ: изъ Неаполя видны обѣ вершины его: налѣво Сомма, направо конусъ Везувія; Сомма кажется съ этой стороны также конусомъ, такъ какъ обращена къ Везувію не крутыми стѣнами Атріо, а своимъ главнымъ гребнемъ, который тянется по направленію къ обсерваторіи. На небольшомъ уже разстояніи картина мѣняется: южнѣе мыса Позилиппо, съ маленькаго острова Низита, Сомма и Везувій представляются въ видѣ одной горы. Рис. 141, сдѣланный съ фотографіи, изображаетъ вулканъ съ этого мѣста; онъ наглядно показываетъ, насколько нашъ глазъ можетъ преувеличивать высоту и крутизну горъ. Кто проѣзжалъ мимо мыса Позилиппо къ Поццуоли, и смотрѣлъ на Везувій съ мѣста, гдѣ снята фотографія, тотъ представляетъ себѣ этотъ вулканъ чрезвычайно крутою и очень высокою горою, рѣзко выдѣляющеюся на горизонтѣ; но безпристрастная камера фотографическаго аппарата показываетъ, что на самомъ дѣлѣ Везувій спускается отлогими склонами, которые только у самой вершины становятся круче. Отсюда видно, какъ мало можно полагаться на глазомѣръ при опредѣленіи высоты горъ... Опять новую форму принимаетъ Везувій, если смотрѣть на него съ другихъ сторонъ: при входѣ въ Неаполитанскій заливъ путешественникъ видитъ конусъ стоящій прямо передъ крутыми обрывами Соммы. Если же ѣхать съ сѣверо-запада, то кольцо Монте Соммы совсѣмъ скрываетъ Везувій.

Сомма сохраняетъ свою форму и высоту, несмотря на незначительныя измѣненія, которыя являются слѣдствіемъ вывѣтриванія; въ теченіе 1800 л. она осталась приблизительно неизмѣнной. Наоборотъ, центральный конусъ, измѣняетъ свои очертанія и величину: настоящую форму онъ получилъ при изверженіи 1872 года. Объ этихъ измѣненіяхъ конуса мы будемъ говорить подробнѣе, и тогда же опишемъ современное состояніе Везувія; описывать его сейчасъ же, было бы не цѣлесообразно. Представивъ *исторію Везувія* въ ея отдѣльныхъ фазахъ, мы на частномъ примѣрѣ познакомимся съ сущностью вулканическихъ изверженій вообще; замѣтимъ, кстати, что исторія Везувія извѣстна несравненно лучше, чѣмъ исторія какого бы то ни было другого вулкана.

Первое изверженіе, о которомъ имѣются свѣдѣнія, случилось въ 79 г. по Р. Хр. Во время этой знаменитой катастрофы были засыпаны пепломъ Помпея, Геркуланумъ и Стабія. До тѣхъ поръ въ теченіе многихъ вѣковъ Везувій бездѣйствовалъ; о прежнихъ изверженіяхъ его находятся только смутные намеки у разныхъ

Рис. 141. Видъ на Везувій съ острова Низита.

писателей, въ преданіяхъ же окрестныхъ жителей не сохранилось никакихъ воспоминаній о нихъ; только проницательные ученые по свойствамъ горныхъ породъ, образующихъ Везувій, считали его потухшимъ вулканомъ.

Первымъ предвозвѣстникомъ изверженія явилось землетрясеніе въ 63 г. по Р. Хр.; оно превратило всю окрестность въ пустыню и разрушило часть Помпеи; впрочемъ, городъ скоро обстроился заново. На молитвенномъ алтарѣ былъ найденъ барельефъ (см. рис. 142), изображающій паденіе одного изъ храмовъ форума. Принимая въ разсчетъ топографическое положеніе города, нетрудно представить и направленіе паденія; ударъ былъ, повидимому, направленъ съ востока къ западу; расположеніе трещинъ въ зданіяхъ также подтверждаетъ это заключеніе.

16 лѣтъ спустя, въ 79 году, началась настоящая вулканическая дѣятельность горы; она обнаружилась съ поразительною, рѣдко наблюдаемою силой; это былъ страшный пароксизмъ послѣ продолжительнаго покоя. Объ изверженіи мы имѣемъ нѣсколько свѣдѣній: первое мѣсто занимаютъ два письма *Плинія Младшаго* къ *Тациту*. Плиній, жившій въ Мизенѣ, былъ еще молодымъ человѣкомъ, когда случилось это страшное событіе, жертвою котораго сдѣлался его великій дядя, *Плиній Старшій*. Катастрофа началась сильнымъ землетрясеніемъ, послѣ этого изъ кратера поднялось огромное пиніеобразное (какъ его называетъ Плиній) облако бѣлыхъ водяныхъ паровъ; временами камни и вулканическій пепелъ, извергаемые горою, сообщали ему черный цвѣтъ (рис. 143). Водяные пары, выброшенные изъ кратера съ страшною силою образовали огромный столбъ, но на значительной вы-

сотѣ, тамъ гдѣ первоначальный толчокъ уже не могъ дѣйствовать, они распространялись въ стороны; изъ вѣтвей гигантской пиніи стали падать камни и пепелъ, и пролились страшные потоки дождя, сопровождаемаго молніями ужасающей силы. Эта характерная форма облака и до сихъ поръ во всѣхъ сочиненіяхъ сохраняетъ имя, данное ей Пдиніемъ: оно называется *пиніеобразнымъ облакомъ* (Pinus pinaea— „пинія“—итальянская сосна).

Землетрясеніе становилось все сильнѣе, а когда изверженіе вулканическаго пепла достигло своей наибольшей силы, оно прекратилось; зато количество вырывавшагося изъ кратера пепла и камней стало столь громадно, что на другомъ берегу Неаполитанскаго залива, у Мизены, солнце было закрыто ими. Среди дня наступила тьма; „ее нельзя было сравнить съ темнотою безлунной облачной ночи; она походила на тьму, которая наступаетъ въ компатѣ, когда тамъ погасятъ свѣтъ“. Даже въ этой отдаленной отъ Везувія мѣстности „часто нужно было вставать и

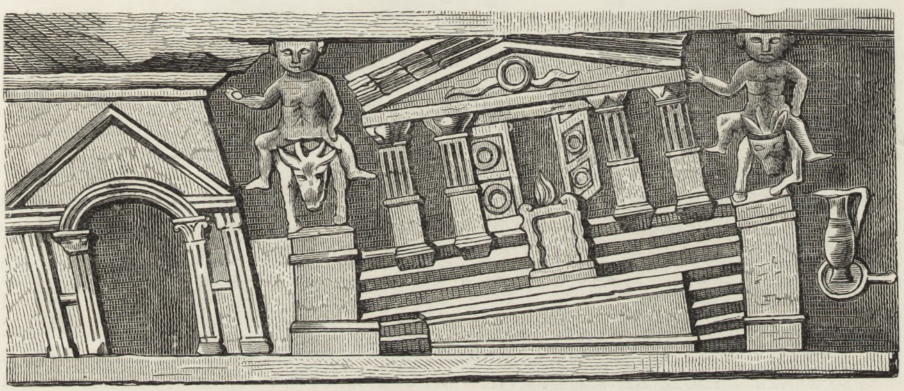


Рис. 142. Античный барельефъ, изображающій паденіе храма въ Помпеѣ во время землетрясенія 63 г. (По Росси.)

отряхать пепелъ: иначе онъ засыпалъ бы человѣка и придавилъ бы его своею тяжестью; всѣ предметы были покрыты пепломъ, точно снѣгомъ“ Лавы вылилось, кажется, немного; теперь уже несомнѣнно установлено, что Помпея и другія города были засыпаны пепломъ и мелкими камнями, такъ называемыми лапилли, или рапилли. Потоки дождя, низвергавшіеся изъ „пиніи“, превратили пепелъ въ жидкую грязь; она ручьями текла по склонамъ горы и все губила на своемъ пути. Этимъ и объясняется происхожденіе туфа, который облекаетъ погибшіе города; въ затвердѣвшемъ пеплѣ образовались пустоты, соотвѣтствующія формѣ погребенныхъ предметовъ; наполняя ихъ гипсомъ, можно получить теперь полныя модели погибшихъ людей и пр.

На первый взглядъ кажется страннымъ, что при изверженіи вулкана *вода* произвела грозныя опустошенія. Но это не исключительный случай: вообще можно сказать, что потоки воды, изливающіеся изъ вулканическихъ облаковъ, или сами по себѣ, или въ соединеніи съ пепломъ, превращающимъ ихъ въ грязь, часто производятъ такія же страшныя разрушенія, какъ и лава. Ниже мы познакомимся съ ужасной катастрофой этого рода, случившейся на Явѣ, у Гунунга Гелунгунга въ 1823 г.

До послѣдняго времени почти всѣ были увѣрены, что до изверженія въ 79 г. Сомма представляла замкнутое кольцо и что только во время этой катастрофы обрушилась юго-западная часть ея. Но недавно *Франко* обратилъ вниманіе на двѣ

фрески, найденныя въ Помпеѣ и Геркуланумѣ. Онѣ показываютъ, что и до изверженія 79 г. Сомма не обладала этой формой; слѣдовательно, и раньше происходили изверженія, которыя, вслѣдствіе нѣкотораго перемѣщенія ихъ оси, способствовали разрушенію кольца Соммы. Наоборотъ, нѣсколько эксцентрическое расположеніе внутренняго конуса слѣдуетъ приписать изверженію временъ Плинія. Тогда же произошли и другія измѣненія. Сомма выносила прежде только богатыя кремнекислотой трахитовыя лавы, внутренній же конусъ выбросилъ лейцитовыя массы. Съ тѣхъ поръ Сомма не давала больше изверженій; послѣднія происходили только въ центральномъ кратерѣ или по бокамъ его. Лава движется или непосредственно по южному склону, или же изливается въ Атріо дель Кавалло; вслѣдствіе этого послѣднее все болѣе загромождается. Большіе лавовые потоки направляются изъ ущелья или на западъ мимо обсерваторіи, или на востокъ къ Помпеѣ.

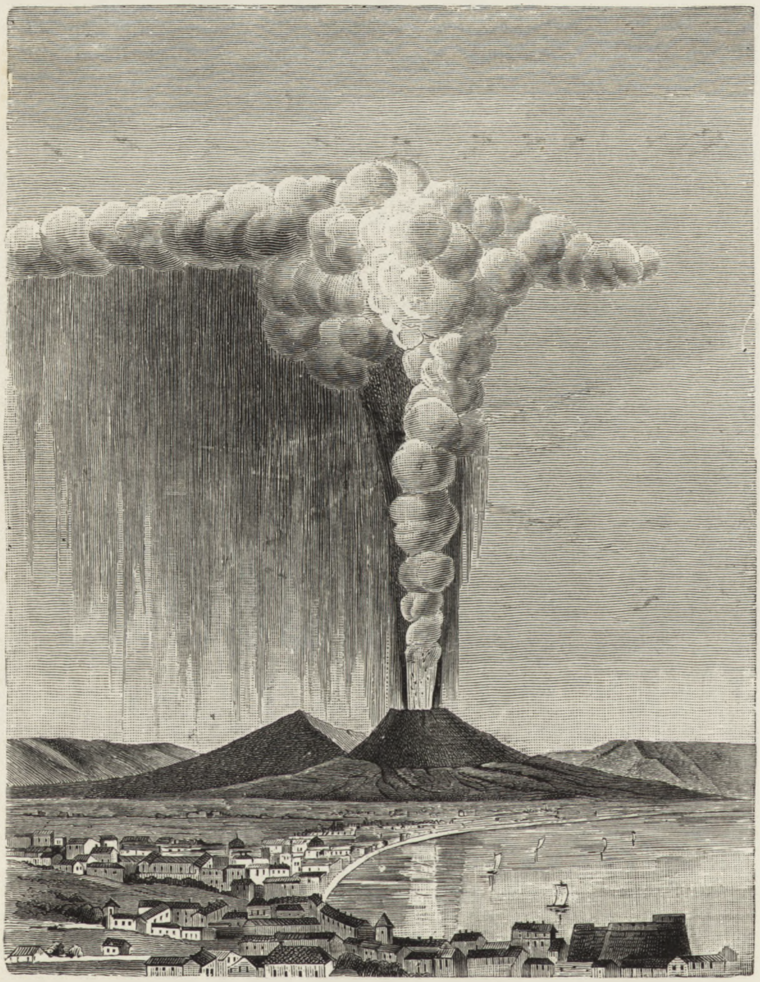


Рис. 143. „Пиніеобразное“ облако во время изверженія 1822 г. (По Пулету Скропу.)

Что касается относительной высоты Соммы и Везувія, то она измѣняется, но обыкновенно послѣдній выше. Въ періодъ слабой дѣятельности, конусъ растетъ вслѣдствіе накопленія пепла и камней, во время же сильныхъ изверженій часть его обрушивается, и Везувій становится ниже Соммы. Мы приведемъ здѣсь нѣсколько цифръ, наглядно показывающихъ, какъ измѣняется высота Везувія:

1749 : 1160 метровъ	Февраль 1846 : 1193 метр.	Августъ 1847 : 1240 метр.
1810 : 1249 „	Мартъ 1846 : 1196 „	1850 : 1291 „
1822 : 1269 „	Іюль 1846 : 1219 „	1855 : 1286 „
1832 : 1140 „	Январь 1847 : 1222 „	1855 : 1234 „
1845 : 1182 „	Мартъ 1847 : 1237 „	1868 : 1297 „

Послѣ измѣренія, произведеннаго въ 1822 году, произошло сильное изверженіе; верхняя часть конуса обрушилась, и Везувій сравнялся съ Соммой. Послѣ этого, какъ показали измѣренія *Амати*, производившіяся въ теченіе сорока лѣтъ, Везувій постепенно росъ. Изверженіе 1855 года понизило его на 60 метровъ, затѣмъ конусъ опять продолжалъ наростать и въ 1868 году достигъ огромной высоты. Во время катастрофы 1872 года опять обрушилась новообразовавшаяся вершина. Такимъ образомъ въ теченіе всего времени, когда производились измѣренія, конусъ Везувія превышалъ Сомму, вышина которой 1110 м.; но иногда, напр., во время изверженій 1631 и 1737 гг., обрушивалась такая огромная часть Везувія, что онъ дѣлался ниже Соммы.

Со времени разрушенія Помпеи до XVII в. было восемь изверженій, отдѣленныхъ другъ отъ друга длинными періодами полнаго покоя. Достойно вниманія, что во время перерывовъ происходили изверженія сосѣднихъ Флегрейскихъ полей и острова Искіи: въ 1198 году дѣйствовалъ Сольфатара у Поццуоли, въ 1302 г. Монте Эпомео на Искіи. Въ 1538 г. обильныя изверженія камней и пепла воздвигли у Поццуоли конусъ Монте Нуово; съ 1139 по 1631 г. Везувій бездѣйствовалъ, и только въ 1500 году въ слабой степени извергалъ пепелъ. Изверженія Везувія происходили въ 203, 472, 512, 685, 993, 1036, 1139 и 1500 гг. Извѣстія о нихъ чрезвычайно скудны и представляютъ мало интереса. Слѣдуетъ только упомянуть о тѣхъ огромныхъ разстояніяхъ, на какія былъ унесенъ вѣтромъ, по сообщенію *Прокопія*, вулканическій пепелъ: въ 472 г. онъ выпалъ въ Константинополѣ, а во время другого изверженія (512 г. ?) даже въ Триполи, на африканскомъ берегу.

Въ теченіе почти ненарушимаго пятивѣковаго покоя отъ XII до XVII столѣтія Везувій покрылся растительностью, и въ кратерѣ красовалась густая роща дубовъ и ольхъ; только фумаролы (изверженія паровъ), да три лужи, отчасти съ горячей, отчасти съ соленой и горькой водой, напоминали о прежней дѣятельности; наступилъ конецъ 1631 г., но никто не думалъ, что это былъ канунъ ужаснѣйшей катастрофы. За нѣсколько дней предвѣстникомъ ея явился подземный шумъ; на сѣверо-западной сторонѣ образовалась трещина, изъ которой стали вырываться пары; открылся кратеръ, но люди не обращали вниманія на эти явленія и не ждали грознаго бѣдствія. Вечеромъ 15 декабря 1631 г. началось землетрясеніе, сначало слабое, а потомъ все сильнѣе и сильнѣе. Въ теченіе ночи до 5-ти часовъ утра слѣдующаго дня, произошло двадцать ударовъ. Передъ восходомъ солнца раздался ужасный грохотъ, и съ южной стороны Везувія, немного выше Атріо дель Кавалло, появилась трещина; паръ, пепелъ, камни вырвались съ страшной силой и въ нѣсколько мгновеній часть горы взлетѣла на воздухъ. Появилось пиніеобразное облако; быстро распространившись въ ширину, оно помрачило солнце. Въ одиннадцать часовъ выпалъ пепельный дождь въ Базиликатѣ, въ два часа—въ Тарентѣ; утромъ 17-го, онъ былъ уже занесенъ въ Далмацію въ Каттаро, а наканунѣ, 16-го, упалъ на палубу корабля въ заливѣ Воло, въ Ѳессаліи. Огромныя каменныя глыбы были также унесены далеко; одна изъ нихъ упала въ 12-ти миляхъ отъ Везувія и пробила крышу одного погреба; пылающія массы низвергались всюду и произвели пожары въ Нолѣ, Пальмѣ, Лауро, Оттайяно и др. мѣстахъ. На всемъ протяженіи до Калабріи и Апуліи происходили сильныя землетрясенія.

Но ужасы достигли своего апогея только 18-го декабря. Послѣ необычайно сильнаго землетрясенія изъ кратера вырвался огромный лавовый потокъ; онъ разбился на много рукавовъ, и въ теченіе какого-нибудь часа достигъ моря. Погибло

3000 человѣкъ. Одинъ потокъ разрушилъ Боско и Торре делль Аннунціата, другой—большую часть Торре делль Греко, третій—Портичи и Резину. Всѣ эти потоки продолжали двигаться въ морѣ на протяженіи нѣсколькихъ сотенъ метровъ. Четвертый потокъ, на основаніи недавно найденныхъ документовъ, распространился до Масса ди Сомма, Санъ Себастьяно и до Санта Анастазія, на сѣверо-западномъ склонѣ Везувія. Онъ вышелъ изъ Вороньяго грота (Гротта деи Корви) у Соммы, и распространился до Помильяно д'Арко. Всего поразительнѣе было то, что тотчасъ за лавой *изъ кратера* вылились огромные потоки воды; они несли въ себѣ морскія водоросли, раковины и даже рыбъ. Явленіе повторилось 18-го, 20-го, 24-го и 31-го декабря(?). Въ послѣдніе дни года послѣ страшныхъ дождей и грозныхъ бурь, опять происходили землетрясенія и изверженія пепла, затѣмъ вулканъ успокоился. 19 декабря тьма, производимая кучами пепла, разсѣялась, и въ это время можно было замѣтить, что значительная часть вулкана обрушилась; до катастрофы онъ превышалъ Сомму на 40 м., теперь же былъ ниже ея на 130 м., слѣдовательно, высота его понизилась на 170 м.

Послѣ этой страшной катастрофы, въ ближайшіе годы произошло еще нѣсколько изверженій. Съ 1638 г. до 1660 вулканъ находился въ покоѣ. 1660 годъ ознаменованъ новымъ большимъ изверженіемъ, и съ тѣхъ поръ Везувій находится почти въ непрерывной дѣятельности. Едва ли можно указать одно десятилѣтіе, которое не было бы ознаменовано катастрофой. Сильныя и слабыя изверженія смѣняли другъ друга. Въ 1734 г. провалилась въ бездну большая часть горы. Изверженіе 1794 г., значительное само по себѣ, особенно приковываетъ наше вниманіе, благодаря прекрасному описанію *Леопольда фонъ-Буха.* Вотъ что сообщаетъ онъ объ этомъ грозномъ явленіи:

„Среди всѣхъ изверженій Везувія, только два могутъ сравниться по своей ужасающей силѣ съ изверженіемъ 1794 г. Первое разрушило богатый Геркуланумъ и приморскій городъ Помпею и измѣнило положеніе береговой линіи. Второе происходило въ 1631 г. Многочисленныя огненныя рѣки устремились на мѣстечки, расположенныя у подножія вулкана. Пышные сады были уничтожены, и почти половина жителей погибла отъ огня.

„Оба изверженія случились послѣ продолжительнаго покоя, когда среди окрестнаго населенія исчезли воспоминанія о той разрушающей силѣ, которая скрывалась въ нѣдрахъ горы. Въ послѣднее же время вулканъ чуть ли не ежегодно въ новыхъ и величественныхъ формахъ проявлялъ свою дѣятельность, и почти каждый изъ жителей былъ свидѣтелемъ страшныхъ опустошеній, произведенныхъ изверженіемъ. Но достаточно было двухгодоваго бездѣйствія вулкана, который даже не дымился, и безпечные люди забыли о Везувіи. Вдругъ, въ ночь на 12 іюня, въ $11^1/_2$ часовъ, произошло страшное землетрясеніе.

„Съ утра до вечера во всей Кампаніи земля колебалась, подобно морскимъ волнамъ; неаполитанцы бросились бѣжать изъ своихъ домовъ на площади Королевскаго замка, Рынка, делле Пинье. Въ первыя мгновенія они думали, что жилища ихъ разрушены, и со страхомъ дожидались утра. Когда взошло солнце, всѣ увидѣли, что обычный покой не нарушался; стало яснымъ, что опасность грозитъ южнымъ частямъ королевства, откуда и исходили всѣ ужасы минувшей ночи. Но ошибка обнаружилась скоро. Спустя три дня, 15-го іюня, въ 11 часовъ ночи, земля затряслась снова. Это было уже не волнообразное движеніе, а страшный подземный ударъ. Зданія давали трещины, окна звенѣли

и бились, мебель падала. Вдругъ все небо озарилось краснымъ пламенемъ и свѣтящимися парами.

„У подножія конуса Везувія образовалась трещина, и съ крышъ домовъ было видно, какъ вылетала оттуда лава, описывая въ воздухѣ параболическія дуги. Слышался глухой, но сильный шумъ, точно ревъ водопада, низвергающагося въ глубокую долину. Гора не переставая, колебалась, а спустя четверть часа, землетрясеніе распространилось и на городъ. Съ такой силой лава никогда не вырывалась. Люди не чувствовали подъ собою твердой почвы, воздухъ былъ охваченъ пламенемъ, отовсюду неслись страшные, никогда неслыханные звуки. Пораженный ужасомъ народъ бросился въ церкви, къ ногамъ святыхъ, хватался за образа и кресты; многіе въ дикомъ смятеніи метались по городу, оглашая воздухъ воплями. Но природа не внимала мольбамъ: новыя отверстія появлялись въ вулканѣ, и съ страшной силой и ревомъ вырывались новые потоки лавы. Дымъ, пламя и пары подымались выше облаковъ и разливались во всѣ стороны въ видѣ неизмѣримо-огромной пиніи.

„Послѣ полуночи прекратился непрерывный глухой шумъ; земля перестала трястись, а гора колебаться; лава вырывалась изъ кратера рядомъ толчковъ, которые быстро слѣдовали другъ за другомъ и сопровождались грозными раскатами, точно громомъ. Безчисленные огромные камни поднимались на страшную высоту; огонь и черныя облака дыма летѣли за ними.

„Взрывы слѣдовали все рѣже, но ихъ сила удвоилась: гора напоминала батарею пушекъ, стрѣляющихъ залпами. Послѣ полуночи, по ту сторону вулкана, небо вдругъ озарилось яркимъ свѣтомъ. Лава, произведшая опустошенія съ южной стороны горы, устремилась по сѣвернымъ склонамъ ея въ широкое ущелье, гдѣ лежали старыя лавы. Потоки ея свирѣпствовали въ лѣсахъ, расположенныхъ при входѣ въ долину, распространялись въ менѣе отлогія мѣста, текли тамъ медленнѣе и черезъ три дня застыли, не достигнувъ жилищъ.

„Не то было въ окрестностяхъ Неаполя. Широкой рѣкой быстро неслась лава по склонамъ, но вулканъ выбрасывалъ все новыя массы; онѣ низвергались въ потокъ и сообщали ему новую силу. Одни изъ жителей Резины, Портичи, Торре дель Греко съ ужасомъ слѣдили за каждымъ движеніемъ огненной рѣки, угрожавшей то тому, то другому мѣсту; другіе неподвижно лежали у алтарей, моля о спасеніи. Вдругъ лава устремилась на Резину и Портичи. Въ Торре дель Греко все населеніе бросилось въ церкви, благодаря Бога за спасеніе; въ порывѣ радости они забыли о той неизбѣжной гибели, которая ожидала ихъ сосѣдей. Но лава встрѣчаетъ на своемъ пути глубокій ровъ, измѣняетъ направленіе и устремляется на несчастный Торре дель Греко, который мнилъ себя спасеннымъ. Огненный потокъ съ новою яростью несется по крутымъ склонамъ и, не дробясь на рукава, достигаетъ цвѣтущаго города въ видѣ рѣки въ 2000 футовъ шириною. Все восемнадцатитысячное населеніе бросилось къ морю, ища тамъ спасенія. Съ берега было видно, какъ изъ лавы надъ крышами залитыхъ ею домовъ поднимались столбы чернаго дыма и огромные огненные языки, точно молніи. Съ шумомъ падали дворцы и церкви, и страшно гремѣла гора.

„Лава вырвалась изъ вулкана въ 11 часовъ ночи, а въ 5 часовъ утра городка Торре дель Греко не было. Въ теченіе 6 часовъ пылающая масса прошла четыре итальянскихъ мили съ быстротою, неизвѣстной въ исторіи Везувія. Даже море было безсильно остановить ее; нижнія части лавовыхъ потоковъ застывали

въ водѣ, а верхнія текли по нимъ. На большомъ разстояніи вода кипѣла, и сварившіяся рыбы безъ счета плавали на ея поверхности.

„Наступилъ слѣдующій день. Огонь болѣе не вырывался изъ кратера, но не было видно и горы. Черное густое облако лежало надъ нею и мрачнымъ покровомъ разстилалось надъ заливомъ и надъ моремъ. Въ Неаполѣ и его окрестностяхъ падалъ пепелъ; онъ покрывалъ траву и деревья, дома и улицы. Солнце было лишено блеска и свѣта, и день напоминалъ сумракъ утренней зари. Только на крайнемъ западѣ виднѣлась свѣтлая полоса, и тѣмъ мрачнѣе казалась тьма, окутывавшая городъ... Ужасы стали невыносимы. Убитые страхомъ и тоской, неаполитанцы хотѣли умиротворить разгнѣванное небо торжественными процессіями. Съ крестами въ рукахъ, шумно ходили по улицамъ толпы народа; знатныя семьи Неаполя примыкали къ нимъ и безмолвной вереницей съ тяжелыми вздохами шли за крестомъ. Въ народѣ разнесся слухъ, что все, чего коснулся пепелъ, заражено дуновеніемъ смерти; многіе съ тупымъ отчаяніемъ смотрѣли на воображаемую гибель богатыхъ садовъ. Правительству стоило не малаго труда разсѣять этотъ страхъ и доказать безвредность составныхъ частей пепла.

„Чѣмъ ближе къ Везувію, тѣмъ гуще и сильнѣе падалъ пепелъ; улицы Неаполя покрывалъ пластъ, тлощиною въ линію, въ Портичи онъ достигалъ 5 линій, въ Резинѣ— 9, и около лавы—15. Въ Неаполѣ онъ имѣлъ видъ черной мелкой пыли, около вулкана— видъ песку, а на самомъ Везувіи падали обломки камней, такъ называемыя лапилли.

„Лава продолжала двигаться, но движеніе ея было такъ медленно, что замѣтить его можно было только на концѣ. Твердая кора покрывала потокъ, и поверхность раскаленной массы остыла очень скоро: черезъ двѣнадцать часовъ послѣ гибели города, многіе изъ его несчастныхъ жителей отважились пропутешествовать къ своимъ погибшимъ жилищамъ, чтобы забрать все, что пощадила лава. Удалось даже спасти многихъ людей, которые отъ страха заперлись въ одномъ монастырѣ и напрасно молили до сихъ поръ о помощи. Во многихъ мѣстахъ лава дала трещины; изъ этихъ трещинъ стремительно поднимались пары, насыщенные поваренной солью, а по краямъ ихъ виднѣлось ярко-свѣтящееся пламя. Слышался непрерывный шумъ, будто раскаты отдаленнаго грома, и молніи, прорѣзывая черныя тучи падающаго изъ вулкана дождя, нарушали ночной мракъ. При ихъ свѣтѣ было видно, что эти огромныя массы вырывались изъ большого кратера на вершинѣ горы. Онѣ поднимались густымъ чернымъ облакомъ и расплывались на высотѣ. Тяжелые обломки камней падали обратно въ кратеръ. За первымъ облакомъ слѣдовало второе и третье — безъ конца; всѣ они поднималиоь на невѣроятную высоту. Чудное, величественное зрѣлище! По временамъ гора казалась одѣтой вѣнцомъ облаковъ, расположившихся въ какомъ то своеобразномъ порядкѣ; понемногу они расплывались, а тяжелые камни падали обратно и катились по склонамъ конуса; вѣтеръ подхватывалъ мелкій пепелъ и разносилъ его по всей окрестности. Нѣсколько часовъ спустя, пепелъ опять покрылъ все небо, и снова день нельзя было отличить отъ ночи.

„Въ теченіе дня чувствовалось нѣсколько слабыхъ сотрясеній. Но подъ вліяніемъ минувшихъ ужасовъ люди не обращали вниманія на эти слабыя проявленія вулканическихъ силъ. Въ ночь на 18-е, около двухъ часовъ, всѣ были перепуганы новымъ сильнымъ ударомъ. Онъ чувствовался главнымъ образомъ въ Портичи, Резинѣ и др. мѣстахъ, расположенныхъ вблизи Везувія. Подъ утро пепелъ сталъ падать въ меньшемъ количествѣ, и на разсвѣтѣ люди съ удивленіемъ увидѣли, что

вершина вулкана провалилась: вмѣсто нея образовался косой покатъ къ морю. Вслѣдствіе непрерывныхъ изверженій пепла, внутренность горы настолько была разрушена, что не могла выдержать тяжести вершины: она обвалилась въ бездну кратера. Но этимъ величественнымъ явленіемъ не закончился пепельный дождь. Правда, въ Неаполѣ, Портичи и ихъ окрестностяхъ, пепла падало меньше чѣмъ прежде, и уже нѣсколько часовъ сквозь густыя тучи пыли виднѣлся красноватый дискъ солнца; но въ мѣстностяхъ, расположенныхъ къ востоку отъ Везувія, пепельный дождь усилился. Стремительный вихрь несъ вылетѣвшія изъ кратера массы и съ яростью низвергалъ ихъ на Сомму, Оттайяну, Нолу, Казерту. Во всей странѣ до Аппенинскихъ горъ стояла черная ночь; казалось, весь Везувій разлетится въ прахъ. Потоки дождя перемѣшивались съ пепломъ, и на землю падала грязь, похожая на тѣсто. Она ложилась на траву и на вѣтви деревьевъ; всѣ сады этого плодороднаго уголка гибли, обремененные ея тяжестью. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ провалились крыши домовъ, и перепуганные жители, спасаясь, бѣжали въ горы. Такимъ же образомъ погибли нѣкогда Помпея : Геркуланумъ.

„Новыя бѣдствія грозили странѣ. 18-го и 19-го грязь и пепелъ падали густыми тучами, не пропускавшими дневного свѣта; вдругъ, грозные потоки воды устремились по крутымъ склонамъ горы; съ неистовой силой ломали они скалы и вырывали деревья; вся мѣстность покрылась огромными глыбами камней. Въ ночь на 20-е іюня пронеслось пять такихъ потоковъ, трижды въ теченіи дня производили они свои опустошенія и въ послѣдній разъ съ удвоенной силой. Всѣ окрестности Везувія были охвачены разрушеніемъ; каждое маленькое облако, казалось, обладало необычайной силой; стоило ему только облечь вершину вулкана, и тотчасъ же низвергались потоки воды, сокрушали лѣса и города, ломали мосты и дома, опустошали поля. Охваченные ужасомъ предстоящей смерти, несчастные жители бѣжали. Въ Боско, Сомма, Оттайяно, Торре дель Аннунціата безвозвратно погибъ человѣческій трудъ, и опустошенія, произведенныя лавой въ Торре дель Греко, едва ли были обширнѣе и ужаснѣе. Количества вылетавшаго пепла понемногу уменьшались. Вмѣстѣ съ ними вылетали теперь клубы паровъ и разсѣивались по воздуху. Въ Неаполѣ темноту ночи нарушали яркія молніи, постоянно вырывавшіяся изъ пепельныхъ тучъ. Онѣ сопровождались сильнымъ громомъ, но безъ раскатовъ.

„24-го и особенно 26-го пепелъ сталъ падать въ Неаполѣ сильнѣе, но при видѣ его у жителей невольно вырвался крикъ радости: это былъ уже не темносѣрый и черный пепелъ, а совсѣмъ свѣтлый, почти бѣлый. Опытъ прежнихъ лѣтъ показывалъ, что такое явленіе предшествуетъ концу изверженія. Люди не обманулись; съ этихъ поръ Везувій только дымился; пепелъ падалъ еще въ теченіе нѣсколькихъ дней, и съ 8-го іюля небо надъ Неаполемъ прояснилось. Торре дель Греко скоро обстроился, благодоря неизсякаемому трудолюбію его жителей. Тысячами разсѣялся народъ по полямъ, очищая отъ пепла вѣтви плодовыхъ деревьевъ и виноградныхъ лозъ. Снова стали стекаться люди въ Неаполь на веселыя представленія, и „полишинель“ своими шутками снова собиралъ на перекресткахъ улицъ толпы народа“.

Въ слѣдующія десятилѣтія происходило нѣсколько изверженій, но ни одно изъ нихъ не было особенно сильнымъ. Только 1822 г. ознаменовался опять грознымъ изверженіемъ (рис. 143), которое, впрочемъ, не имѣло такихъ роковыхъ послѣдствій, какъ въ 1794 г. Дальнѣйшія изверженія происходили въ 1839, въ 1850, въ 1855 и въ 1861 годахъ. Послѣднее большое изверженіе случилось въ 1872 г.

Мы опишемъ его, руководствуясь, главнымъ образомъ, данными *Гейма* и *Рата*. Сначала наполнился кратеръ и въ ноябрѣ 1868 г. далъ съ сѣверной стороны трещину; лава потекла въ Атріо и направилась по тому же пути, какъ и въ 1855 г. Послѣ этого внутри кратера образовался конусъ, достигавшій 100 м. въ высоту; изъ него выдвинулся другой небольшой конусъ: подобное явленіе, какъ сообщаетъ *Гамильтонъ* въ своемъ сочиненіи о Флегрейскихъ поляхъ, наблюдалось уже въ серединѣ прошлаго столѣтія (см. рис. 144). Въ 1871 г., въ ночь съ 12-го на 13-е января, на сѣверной сторонѣ конуса, на 65 м. ниже вершины, образовалось новое отверстіе. Огромные куски лавы нагромоздились вокругъ него и образовали такъ называемую *бокку*, въ которой раскаленная лава клокотала и кипѣла; приблизительно черезъ каждыя 6—8 минутъ съ шумомъ вылетали оттуда куски шлаковъ, — вулканическія бомбы. Такой же характеръ носили взрывы вулканической дѣятельности въ 1871 и въ началѣ 1872 г. Ничто не намекало на возможность большого изверженія. 24 апрѣля въ теченіи цѣлаго дня вулканъ выбрасывалъ камни, а вечеромъ выступила лава; 25 повторилось то же, но съ удвоенной силой, лава потоками изливалась въ Атріо. Въ ночь на 26, въ ущельѣ собралось много народа, который любовался величественными переливами огненнаго потока; вдругъ между 3—4 часами утра, конусъ далъ огромную трещину отъ вершины до Атріо; лава ворвалась въ ущелье, и кучи раскаленныхъ камней вылетѣли изъ кратера; густыя облака паровъ окутали Атріо, градъ вулканическихъ бомбъ сыпался на оторопѣвшихъ зрителей, и лава настигала ихъ; большинство погибло, и только немногіе, израненные и избитые, спаслись въ обсерваторію.

Рис. 144. Кратеръ Везувія въ 1774 г. (По Гамильтону.)

Лавовый потокъ изливался сначала въ Атріо и повысилъ дно его на 6 м. Опускаясь по склону горы, онъ раздѣлился на два рукава: одинъ направился къ Торре дель Греко и скоро застылъ на высотѣ 420 м., не достигши населенныхъ мѣстъ; другой устремился по Фоссо делла Ветрана, расположенному къ сѣверу отъ обсерваторіи, и прошелъ такъ близко къ зданіямъ, что оконные косяки, нагрѣтые излучаемою имъ теплотой, вспыхнули. Ниже Фоссо делла Ветрана потокъ опять раздѣлился; одинъ его рукавъ ринулся къ Масса и Санъ Себастьяно и отчасти разрушилъ эти мѣстечки (рус. 145); другой направился къ Санъ Джьорджьо а Кремано, но не достигъ его. Любопытно было наблюдать за лавой, двигавшейся среди садовъ; дерево, настигнутое ею, ярко вспыхивало и сгорало (см. рисунокъ на особомъ листѣ).

Изъ главнаго кратера поднялось огромное облако; сначала оно было совсѣмъ бѣлымъ и состояло изъ чистыхъ водяныхъ паровъ, но постепенно становилось темнѣе и тѣмнѣе; огромныя массы мелко раздробленнаго матеріала вылетали вмѣстѣ съ нимъ. Въ Неаполѣ сталъ падать пепелъ и скоро засыпалъ конусъ Везувія: вос-

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ВЕЗУВІЙ: КРАЙ ЛАВОВАГО ПОТОКА 1872 ГОДА (ГЛЫБОВАЯ ЛАВА).

(По фотографіи Зоммера).

хожденіе на гору стало затруднительнымъ, вслѣдствіе сыпучести новыхъ ея склоновъ. Рис. 146 сдѣланъ съ фотографіи, снятой въ Неаполѣ; на немъ видно не только черное облако надъ вершиной, но и пары, поднимающіеся съ лавовой рѣки.

Изверженіе 1872 года замѣчательно въ двухъ отношеніяхъ: страшный взрывъ вулканической дѣятельности проявился почти внезапно, но также скоро и затихъ; уже черезъ 24 часа послѣ катастрофы, лава перестала выливаться въ Атріо, тучи разсѣялись, пепельный дождь прекратился. Несмотря на кратковременность изверженія, гора претерпѣла существенныя измѣненія; они изучены довольно точно, благодаря счастливой случайности. Швейцарскій геологъ проф. *Геймъ*, изъ Цюриха, сдѣлалъ точные рисунки Везувія за нѣсколько дней до катастрофы; по окончаніи изверженія онъ сдѣлалъ снимки съ тѣхъ же мѣстъ. Изъ Неаполя вершина казалась до тѣхъ поръ одинаково округленной со всѣхъ сторонъ; теперь она была косо срѣзана (рис. 147—148), упомянутая выше бокка на наружной сторонѣ исчезла, изъ Атріо была видна трещина, образовавшаяся въ ночь съ 25 на 26 апрѣля и зіявшая въ видѣ глубокой пропасти; края кратера на значительномъ протяженіи обрушились и самъ кратеръ расширился.

Рис. 145. Передній конецъ лавоваго потока 1872 г. въ мѣстечкѣ Масса. (По фотографическому снимку Зоммера.)

Послѣ этого большого изверженія Везувій былъ спокоенъ до 18 декабря 1875 года. Съ этихъ поръ начинается періодъ непрерывной, но слабо выраженной дѣятельности: лава вытекаетъ слабо, и только иногда происходятъ болѣе значительные взрывы. По имени одного изъ итальянскихъ вулкановъ, дѣятельность такого рода называютъ стромболіанской. Большой кратеръ постепенно заполняется шлаками, пепломъ, лавой. Рисунки 147—150, изображающіе его въ 1880 и въ

1882 гг., наглядно показываютъ, какъ въ относительно короткое время происходило постепенное заполненіе кратера.

Наконецъ дно кратера совершенно выровнялось, и потери 1872 г. были возстановлены. Иногда лава выливалась черезъ края кратера, тамъ, гдѣ они были ниже, и текла въ Атріо. Сравнительно сильное изверженіе произошло въ 1885 г. Конусъ треснулъ по направленію съ сѣвера на югъ по плоскости, проходящей черезъ его ось; трещина шла такъ же, какъ и въ 1868 г. Въ августѣ 1891 г. лава вытекала съ сѣверной стороны конуса черезъ ту же трещину. Это было послѣднее большое изверженіе Везувія; вулканъ проявилъ свою дѣятельность относительно спокойно, безъ значительныхъ колебаній почвы и безъ шума. Централь-

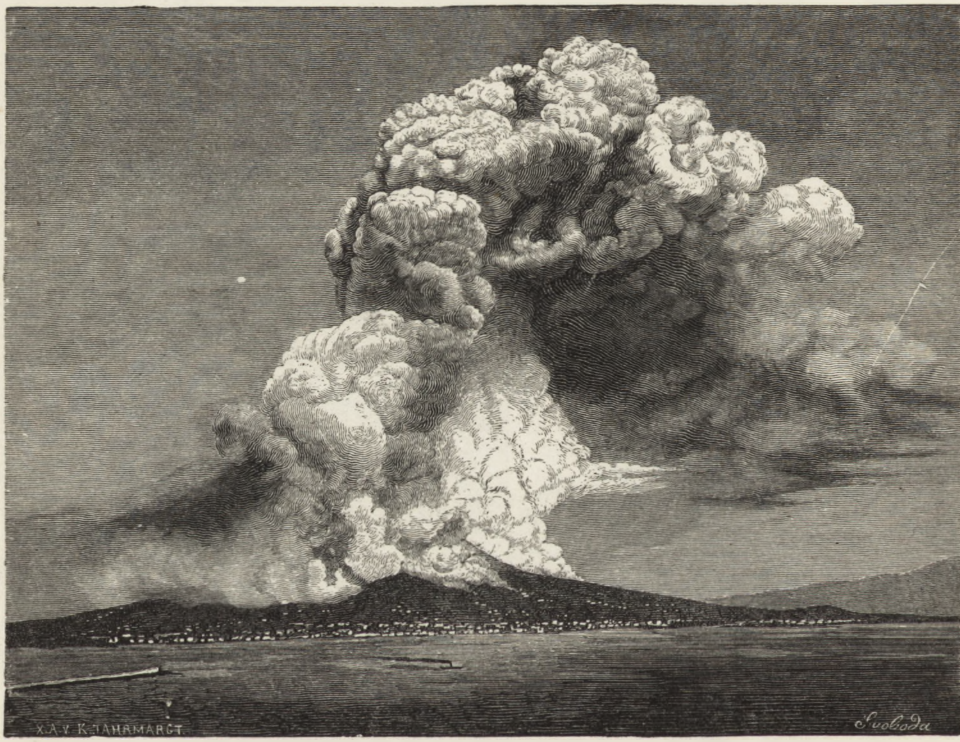


Рис. 146. Везувій 26 Апрѣля 1871 г. (По фотографическому снимку Зоммера.)

ный конусъ обрушился тогда въ кратеръ и повысилъ напряженіе лавовыхъ массъ. Этого было достаточно, чтобы размягчить горныя массы, располагающіяся въ упомянутой трещинѣ, и открыть выходъ лавѣ. Сначала образовалось въ кольцѣ кратера одно отверстіе, затѣмъ появилось значительно ниже много другихъ отверстій, изъ которыхъ лава и выливалась по направленію къ Фоссо делла Ветрана. Дѣятельность центральнаго кратера ограничивалась выбрасываніемъ мелкихъ лапилли.

Въ послѣднія столѣтія вулканъ періодически обнаруживаетъ такую умѣренную и непрерывную дѣятельность; она сопровождается выдѣленіемъ пара, иногда въ незначительномъ количествѣ; въ кратерѣ всегда существуютъ бокки, черезъ которыя время отъ времени и выбрасываются камни и лава. Изъ паровъ выдѣляются минералы, каковы: желѣзный блескъ, хлористая мѣдь и др.; они покрываютъ скалы пестрымъ налетомъ или мелкими кристаллами. Временами дѣятель-

ность вулкана усиливается; открываются новыя отверстія, выдѣленіе паровъ увеличивается, выбрасываются камни и пепелъ, и появляются даже небольшіе потоки лавы. Въ это то время и созидается кратеръ вслѣдствіе постепеннаго нагроможденія вулканическихъ продуктовъ. Въ одинъ изъ такихъ періодовъ, именно съ 1840 по 1850 гг., *Скакки* производилъ наблюденія надъ Везувіемъ. Мы сообщимъ здѣсь вкратцѣ содержаніе послѣднихъ за нѣсколько мѣсяцевъ; это — лучшій способъ представить картину горы въ описываемые періоды ея дѣятельности.

Рис. 147. Конусъ Везувія передъ изверженіемъ 1872 г. (По Гейму.)

Рис. 148. Конусъ Везувія послѣ изверженія 1872 г. (По Гейму.)

14 января 1843 г. Небольшой конусъ внутри кратера выбрасываетъ вулканическіе продукты.

15 марта. Три лавовыхъ потока выливаются изъ основанія небольшого конуса; фумаролы выдѣляютъ желѣзный блескъ.

22 марта. Двѣ бокки въ боковыхъ частяхъ внутренняго конуса.

30 іюня. Два лавовыхъ потока у основанія внутренняго конуса.

15 іюля. Изверженіе внутренняго конуса происходитъ черезъ три бокки; лава у его основанія.

4 сентября. Большія продольныя трещины во внутреннемъ конусѣ; сильно выбрасываются камни; въ фумаролахъ хлористая мѣдь.

9 сентября. Новый внутренній конусъ на развалинахъ стараго; лава течетъ изъ его основанія.

Рис. 149. Внутренность кратера Везувія въ 1880 г. (По фотографическому снимку Зоммера.)

Рис. 150. Внутренность кратера Везувія въ 1882 г.

13 октября. Внутренній конусъ выбрасываетъ вулканическіе продукты черезъ три отверстія (два — у вершины, одно — на восточной сторонѣ); лава выдѣляется изъ основанія.
31 октября. Два отверстія во внутреннемъ конусѣ, но дѣйствуетъ одно; лава выдѣляется у основанія; въ фумаролахъ — мѣдный купоросъ (сѣрнокислая мѣдь).
18 ноября. Шесть лавовыхъ потоковъ выдѣляются у основанія внутренняго конуса; желѣзный блескъ и хлористая мѣдь въ фумаролахъ.
30 ноября. Внутренній конусъ выбрасываетъ вулканическіе продукты черезъ четыре бокки; лава выдѣляется у основанія; она жиже, чѣмъ обыкновенно.
14 декабря. Лава выдѣляется внутри кратера подъ Пунта дель Пало (высшая точка).
19 января 1844 г. Семь лавовыхъ потоковъ выдѣляются въ разныхъ мѣстахъ у основанія кратера; большая часть внутренняго конуса разрушена.
31 января. Пять лавовыхъ потоковъ выливаюся недалеко отъ основанія внутренняго конуса; при образованіи одного изъ нихъ выбрасывались камни также изъ внутренняго конуса.
27 февраля. Лава вытекаетъ въ 50 м. отъ вутренняго конуса; очень много желѣзнаго блеска.
2 марта. Новая бокка на юго-восточной сторонѣ кратера выдѣляетъ много лавовыхъ потоковъ; внутренній конусъ выбрасываетъ вулканическіе продукты черезъ три отверстія; выбрасываются свободные кристаллы авгита.
5 апрѣля. Большая трещина во внутреннемъ конусѣ; лава вытекаетъ въ пяти мѣстахъ; много окиси мѣди.
13 апрѣля. Дымъ въ формѣ колецъ *).
22 апрѣля. Внутренній конусъ выбрасываетъ вулканическіе продукты черезъ двѣ бокки; четыре бокки въ днѣ кратера у основанія конуса; большая трещина внутри кратера съ юго-восточной стороны; много желѣзнаго блеска и гипса.
6 іюля. Три лавовыхъ потока у основанія внутренняго конуса; дымъ въ формѣ колецъ.
22 іюля. Въ теченіи цѣлаго дня дымъ въ формѣ колецъ; страшный грохотъ. Четыре лавовыхъ потока на днѣ кратера; множество трещинъ во внутреннемъ конусѣ; недостатокъ воды въ колодцахъ Резины.
4 августа. Большіе сталактиты поваренной соли и хлористаго калія съ подмѣсью хлорнаго желѣза.
24 августа. Вершина внутренняго конуса выше краевъ кратера; два лавовыхъ потока на днѣ кратера; выбрасываются свободные кристаллы авгита.
4 сентября. Сильное изверженіе комковъ лавы изъ внутренняго конуса.
8 сентября. Вершина внутренняго конуса обрушивается; три лавовыхъ потока на днѣ кратера.
30 октября. Два новыхъ небольшихъ конуса; множество лавовыхъ потоковъ на днѣ кратера.
4 ноября. Конусъ, образовавшійся 30 октября, разрушенъ; два новыхъ небольшихъ конуса; сильный лавовый потокъ у основанія большаго конуса.

Мы прослѣдили непрерывную дѣятельность вулкана приблизительно въ теченіе двухъ лѣтъ. Почти все время она ограничивалась внутренними частями кратера, и только въ послѣдній день, 4 ноября 1844 г., сильный лавовый потокъ вырвался наружу.

Много спорили о томъ, виденъ ли при изверженіяхъ огонь. По старымъ сообщеніямъ, онъ играетъ большую роль и особенно хорошо виденъ ночью. Впослѣдствіи, однако, убѣдились, что явленія, которыя приписывались прежде пламени, на самомъ дѣлѣ происходятъ вслѣдствіе отраженія текущей лавы; она освѣщаетъ

*) Это чрезвычайно интересное явленіе. Кратеръ выбрасываетъ иногда кольцеобразныя облака, которыя, поднимаясь вверхъ, все растягиваются и увеличиваются. Подобное явленіе можно наблюдать, пуская кольца табачнаго дыма.

пары облаковъ и производитъ такое впечатлѣніе, какъ будто изъ горы вылетаетъ огонь. Но хотя въ большихъ размѣрахъ явленія пламени и не наблюдаются, однако въ нѣкоторыхъ случаяхъ они несомнѣнны. Цѣлый рядъ достовѣрныхъ фактовъ указываетъ, что изъ кратера, изъ лавовыхъ потоковъ и изъ фумароллъ выдѣляются горючіе газы; они то и могутъ образовать плямя; по мнѣнію Сименса, такое воспламененіе горючихъ газовъ, особенно водорода, играетъ большую роль при взрывахъ.

Продукты вулканическихъ изверженій.

Наиболѣе важнымъ и любопытнымъ продуктомъ изверженій являются *лавовые потоки;* на нихъ мы и остановимъ прежде всего наше вниманіе. Состояніе движущейся лавы чрезвычайно различно, но обыкновенно она представляетъ тягучую массу. Небольшіе потоки обладаютъ густотою меда, но въ большинствѣ случаевъ сцѣпленіе ихъ частицъ значительно больше; по крайней мѣрѣ, требуется нѣкоторое напряженіе, чтобы воткнуть палку въ лавовую массу, и углубленіе, возникающее при этомъ, остается въ теченіи цѣлыхъ часовъ. Многіе потоки могутъ быть сравнены съ полужидкимъ цементомъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ это наблюдали *Гумбольдтъ* и *Буссенго* въ Южной Америкѣ, они не представляютъ вполнѣ расплавленной массы, а являются смѣсью жидкой магмы съ твердыми кусками.

Быстрота движенія лавы различна, смотря по ея густотѣ и по наклону мѣстности, гдѣ она совершаетъ свой путь. Относительно небольшіе лавовые потоки, льющіеся по крутымъ склонамъ, подвигаются впередъ чрезвычайно быстро; потокъ, выброшенный Везувіемъ 12 августа 1805 г., мчался по крутымъ склонамъ конуса съ поразительною скоростью и въ первыя четыре минуты сдѣлалъ $5^1/_2$ км., а въ 1631 г. другой потокъ того же вулкана достигъ моря въ теченіи одного часа т.-е. прошелъ въ это время 8 км. Особенно жидкія лавы выдѣляются открытыми базальтовыми вулканами о-ва Гаваи; онѣ до того подвижны, что на обрывахъ образуютъ настоящіе лавопады *) и могутъ двигаться при самомъ ничтожномъ наклонѣ почвы, даже въ 1^0. Неоднократно наблюдалось, какъ эти лавы проходили 10—20 и даже 30 км. въ часъ. Но такая быстрота движенія принадлежитъ во всякомъ случаѣ къ числу исключеній; даже та лава, которую наблюдалъ *Скропъ* въ 1822 г. и которая въ теченіи 15 минутъ успѣла спутиться отъ края кратера Везувія до подножія конуса, является далеко необычной. На Этнѣ движеніе лавы считаютъ уже быстрымъ, если оно совершается со скоростью 1 км. въ 2—3 часа. Обыкновенно лава движется и того медленнѣе и въ нѣкоторыхъ случаяхъ проходитъ только 1 м. въ часъ.

Лава, вытекающая изъ вулкана въ расплавленномъ состояніи, обладаетъ *бѣлокалильнымъ* блескомъ и внутри кратера долго его сохраняетъ: это хорошо можно видѣть тамъ, гдѣ благодаря трещинамъ, обнажаются глубокія части потока. Внѣ кратера лава быстро *охлаждается*, и потокъ покрывается скоро твердой корой, состоящей изъ темной шлаковой массы; въ теченіи непродолжительнаго времени она становится столь крѣпкой, что человѣкъ можетъ спокойно ходить по ней; иногда по такой корѣ, покрывающей еще движущійся потокъ, можно подняться до того, мѣста, откуда лава вытекаетъ. Твердая шлаковая кора образуетъ нѣчто въ родѣ трубы,

---

*) Рисунокъ такого лавопада читатель найдетъ въ главѣ „Вулканы Тихаго океана“

внутри которой движется жидкая масса. Передній конецъ лавоваго потока также покрывается черною твердою корой; при дальнѣйшемъ движеніи, лава придавливаетъ эту кору къ землѣ и течетъ по ней дальше, покрываясь спереди новой шлаковой оболочкой. Это явленіе не имѣетъ мѣста только при очень быстромъ движеніи лавы; въ остальныхъ случаяхъ путемъ сбрасыванія и передвиганія шлаковъ образуется слой застывшей лавы, по которому и движется потокъ. Послѣдній представляетъ рѣдкое зрѣлище: переднюю часть его *Пулетъ Скропъ* сравниваетъ съ огромной кучей углей, которые, подъ вліяніемъ какого-то давленія сзади, нагромождаются другъ на друга. Движеніе его сопровождается шумомъ, подобнымъ

Рис. 151. Глыбовая лава на о. Гаваи. На заднемъ планѣ — вулканъ Мауна Лоа. (По Дуттону.)

звону разбивающагося металла; этотъ шумъ происходитъ вслѣдствіе тренія отдѣльныхъ комковъ лавы, ихъ раздробленія и сокращенія.

Твердая кора лавоваго потока обыкновенно не представляетъ ровной поверхности; она покрыта множествомъ трещинъ, черезъ которыя иногда вытекаетъ жидкая лава; глыбы, образовавшіяся вслѣдствіе раздробленія первоначальнаго покрова, сталкиваются другъ съ другомъ, подобно льдинамъ во время ледохода. Трудно вообразить болѣе дикую и угрюмую картину, чѣмъ та, которую представляетъ намъ внѣшняя поверхность потока *глыбовой* лавы (см. рис. 151). Еще своеобразнѣе формы такъ называемой *волнистой* лавы, которая наблюдается рѣже, но хорошо извѣстна всякому посѣтителю Везувія. Дорога отъ Резины до обсерваторіи проложена на значительномъ протяженіи по такой лавѣ; послѣдняя выброшена Везувіемъ въ 1855 г. Покровъ такихъ потоковъ не разбивается на куски, а предста-

вляетъ сплошную массу, неровная поверхность которой своимъ своеобразнымъ видомъ напоминаетъ кишечныя сплетенія (см. рис. 153 и 154).

Расплавленныя массы обладаютъ способностью сильно поглощать газы и пары и выдѣлять ихъ снова при остываніи. Серебро, сплавленное съ селитрой, при охлажденіи подъ колоколомъ воздушнаго насоса, выдѣляло много кислорода: объемъ его превосходилъ въ 22 раза объемъ взятаго металла; слѣдовательно, одинъ литръ расплавленнаго серебра можетъ поглотить 22 литра кислорода. Такою поглотительною способностью обладаетъ и лава: она бываетъ насыщена главнымъ обра-

Рис. 152. Конецъ потока глыбовой лавы, выливавшейся изъ кратера Гіоргіосъ въ группѣ Санторина въ Греціи. (По Фукè.)

зомъ водяными парами. Если лава охлаждается быстро съ обильнымъ выдѣленіемъ паровъ, то образуется глыбовая лава; если же охлажденіе совершается медленно и сопровождается незначительнымъ выдѣленіемъ пара, то получается волнистая лава. Количество выдѣляемаго пара можетъ зависѣть какъ отъ самыхъ свойствъ лавы, такъ и отъ условій, при которыхъ она выливается и течетъ. На о-вѣ Гаваи въ потокѣ волнистой лавы или „пахоехое“, какъ ее называютъ на мѣстномъ нарѣчіи, были наблюдаемы ограниченные участки глыбовой лавы, или „аа“; это явленіе *Дана* объясняетъ случайнымъ обогащеніемъ лавы водяными парами въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ почва была сыра.

Сначала газы и водяные пары выдѣляются на всемъ протяженіи лавоваго потока; впослѣдствіи же образуются такъ называемыя *фумаролы*, и выдѣленіе пара происходитъ только изъ трещинъ и отверстій въ корѣ, покрывающей потокъ. Въ послѣднемъ случаѣ вмѣстѣ съ вырывающимися парами выбрасываются и комья жидкой лавы; они поднимаются въ воздухъ и падаютъ обратно къ фумаролѣ, гдѣ

Рис. 153. Волнистая лава Везувія. (По фотографическому снимку.)

воздвигаются часто высокіе конусы (см. рис. 125). Подобное явленіе можно воспроизвести искусственно, выливъ расплавленную свинцовую окись на холодное и сырое мѣсто (см. рис. 155). Кромѣ водяныхъ паровъ, лава выдѣляетъ много другихъ газовъ, такъ, напр., пары соляной кислоты, нашатыря, хлорнаго желѣза, сѣрнистаго газа, углекислоты и др. Въ значительно бо́льшемъ количествѣ эти же газы выдѣляются изъ кратера.

Особенно любопытны тѣ минеральныя образованія, которыя получаются при охлажденіи паровъ или отдѣльныхъ ихъ составныхъ частей; это такъ называемые „продукты возгонки". Среди такихъ образованій наиболѣе распространены: поваренная соль, нашатырь и хлорное желѣзо; послѣднее покрываетъ часть вершины

Рис. 154. Волнистая лава вулкана Килауеа на о. Гаваи. (По Дана.)

и стѣны кратера ярко-желтымъ налетомъ, который нерѣдко вводитъ въ заблужденіе туристовъ, принимающихъ его за сѣру. Водяные пары разлагаютъ хлорное желѣзо на соляную кислоту и окись желѣза, которая и выдѣляется въ видѣ мелкихъ кристалликовъ желѣзнаго блеска. Между продуктами возгонки попадаются также хлористыя соединенія тяжелыхъ металловъ: мѣди и свинца; это проливаетъ нѣкоторый свѣтъ на происхожденіе многихъ рудныхъ жилъ въ древнѣйшихъ массивныхъ породахъ. Но особенно интересенъ фактъ, открытый вперые *Скакки* и подтвержденный впослѣдствіи *Ратомъ* (von Rath). Оказывается, что при сгущеніи паровъ выдѣляются и кремнекислыя соединенія, такъ называемые силикаты; среди нихъ образуются нѣкоторые минералы, играющіе важную роль въ составѣ массивныхъ горныхъ породъ, каковы: каліевый полевой шпатъ (санидинъ), авгитъ, слюда (біотитъ) и др.

Время, необходимое для остыванія лавы, не можетъ быть опредѣлено точно: въ зависимости отъ мощности потока, строенія лавы и степени первоначальнаго жара, оно бываетъ очень различно. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ лава застываетъ чрезвычайно быстро; такъ, напр., одинъ изъ потоковъ Везувія въ 1832 г. застылъ въ два мѣсяца. Въ другихъ случаяхъ лавы находятся въ движеніи до двухъ лѣтъ; часто по прошествіи нѣсколькихъ лѣтъ температура лавы остается чрезвычайно высокой: кусокъ дерева, воткнутый въ нее, мгновенно загорается. Такова была, напр., лава Везувія въ 1876 г., черезъ четыре года послѣ изверженія; въ 1878 г. она уже остыла.

Нѣкоторые потоки въ теченіе многихъ лѣтъ образуютъ фумаролы. На Хорулло, въ Мексикѣ, въ ключахъ, проходившихъ черезъ лаву, которая вылилась 46 лѣтъ тому назадъ, Гумбольдтъ наблюдалъ температуру въ 54°. Потоки значительной мощности застываютъ еще дольше. *Скаптаръ-іокулъ* въ Исландіи въ 1783 г. выдѣлилъ два лавовыхъ потока, объемъ которыхъ превосходилъ объемъ

Рис. 155. Конусъ, образованный свинцовою окисью въ одной изъ шахтъ Прибрама въ Чехіи.

Монблана; нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что такая мощная масса застывала постепенно въ теченіи 110 лѣтъ.

Мы видѣли, что лавовые потоки быстро застываютъ съ поверхности и одѣваются твердой корой, въ которой жидкая масса движется, точно въ трубѣ. Если послѣ этого количество выдѣляющейся лавы уменьшится, то такая труба не будетъ совсѣмъ ею заполнена: верхній покровъ станетъ понемногу опускаться, сильнѣе въ серединѣ и меньше по краямъ; вмѣсто обычной выпуклой поверхности, какую представляетъ всякая густая текучая масса, получится вогнутая поверхность въ видѣ жолоба. Впрочемъ, твердая кора, одѣвающая потокъ, опускается далеко не всегда: если она будетъ достаточно мощна и крѣпка, то выдержитъ собственную тяжесть; въ такихъ случаяхъ внутри застывшаго потока образуются пустоты; безъ сомнѣнія, такимъ именно путемъ возникли знаменитые гроты Исландіи. Наибольшею извѣстностью среди нихъ пользуется Суртсхеллиръ („Черная пещера") у Калманстунга, расположенный среди огромнаго лавоваго поля; длина его 1600 м., ширина 16—18 м. и высота 11—12 м. Онъ состоитъ изъ главной залы съ цѣлымъ рядомъ боковыхъ камеръ. Стѣны грота покрыты стекловатыми блестящими образованіями, съ потолка спускаются великолѣпные лавовые сталактиты; по бокамъ видны длинныя полосы—слѣды двигавшейся огненножидкой массы. Многіе лавовые потоки острова Гаваи прорѣзываются длинными гротами, вродѣ туннелей: мѣстами эти гроты очень узки, иногда расширяются до 20 м. и образуютъ обширныя высокія залы, украшенныя сталактитами; онѣ тянутся иногда на

протяженіи многихъ километровъ и извиваются, слѣдуя всѣмъ направленіямъ лаваго потока. Подобные туннели были описаны также на вулканическихъ островахъ Бурбонѣ (Реюньонѣ) и Амстердамѣ.

Быстро застывшая лава не обладаетъ способностью явственно распадаться на такъ называемыя *отдѣльности*, т.-е. давать трещины въ извѣстныхъ опредѣленныхъ направленіяхъ; наоборотъ, въ глубокихъ частяхъ потока и въ жилахъ, застывшихъ медленно, такія отдѣльности часто выражены весьма характерно. Въ новѣйшихъ продуктахъ дѣйствующихъ еще вулкановъ нельзя ожидать ихъ; для ознакомленія съ этими образованіями мы должны обратиться къ древнѣйшимъ вулканическимъ породамъ, которыя, вслѣдствіе размыванія, вывѣтриванія и другихъ

Рис. 156. Фингалова пещера на о. Стаффа. (По фотографическому снимку.)

разрушительныхъ процессовъ, обнажили свои глубокія части. Особенно любопытны *столбчатыя* отдѣльности, встрѣчающіяся обыкновенно въ базальтахъ и рѣже въ порфирахъ, трахитахъ и діабазахъ. Въ видѣ исключенія *Иддингсъ* наблюдалъ такія же отдѣльности въ обсидіанѣ сѣверо-американскаго національнаго парка на рѣкѣ Іеллоустонъ. Величина такихъ колоннъ различна; иногда онѣ достигаютъ 100—150 ф. въ длину и 8—9 дюймовъ въ ширину; наоборотъ, на горѣ Баула въ Исландіи одни колонны бываютъ толщиною въ палецъ, а другія достигаютъ до 9 ф. въ толщину.

Причиною такихъ замѣчательныхъ образованій, является сокращеніе лавы при ея остываніи. Вслѣдствіе растрескиванія, масса распадается обыкновенно на многогранныя и чаще всего на *шестигранныя* колонны; въ глубинѣ потока онѣ стоятъ перпендикулярно къ поверхности; въ верхнихъ частяхъ или совсѣмъ не происходятъ распаденія на отдѣльности, или же образуются неправильныя призмы,

сгруппированныя въ безпорядкѣ и расположенныя перпендикулярно къ главнымъ трещинамъ. Иногда верхнія части такихъ потоковъ представляютъ тонкослоистыя отдѣльности, даже въ формѣ шестигранныхъ брусковъ и пластинокъ. Граница между верхней и нижней частью выступаетъ такъ рѣзко, что на первый взглядъ кажется, будто здѣсь двигались два потока одинъ надъ другимъ. Однако, при ближайшемъ изслѣдованіи составъ той и другой части оказывается настолько сходнымъ, что принадлежность ихъ къ одному потоку становится несомнѣнной. Любопытный примѣръ этого рода представляетъ Фингалова пещера на островѣ Стаффа у береговъ Шотландіи (см. рис. 156). Вся базальтовая масса представляетъ часть

Рис. 157. Столбы базальтовъ на берегу рѣки Колорадо въ С. Америкѣ.

разрушеннаго потока, нижнія части котораго распались на прекрасно выраженные столбы, верхнія же представляютъ сплошную массу. Прекрасный примѣръ столбчатыхъ отдѣльностей въ базальтовомъ покровѣ представляетъ рис. 157, изображающій мѣстность на берегу рѣки Колорадо, въ Сѣверной Америкѣ. Потокъ лавы нѣкогда залилъ эту мѣстность, новыя отложенія покрыли его, и впослѣдствіи рѣка прорыла себѣ ложе въ базальтахъ.

Въ лавовыхъ жилахъ также образуются столбчатыя отдѣльности, но расположеніе ихъ въ этомъ случаѣ иное: призмы стоятъ и здѣсь перпендикулярно къ охлаждающейся поверхности, но послѣдняя не имѣетъ горизонтальнаго положенія, какъ въ лавовыхъ потокахъ: ее образуютъ прямыя или наклонныя стѣнки жилы; вслѣдствіе этого отдѣльныя призмы расходятся въ обѣ стороны отъ центра и располагаются *косо* въ видѣ бородокъ пера. Изслѣдуя части вулканическихъ горныхъ

породъ, обнаженныя дѣйствіемъ разрушительныхъ процессовъ, часто бываетъ трудно рѣшить, имѣемъ ли мы дѣло съ остатками жилы или потока. Расположеніе столбчатыхъ отдѣльностей позволяетъ намъ разобраться иногда въ этомъ трудномъ вопросѣ; такъ, напр., вертикальные столбы на берегу рѣки Колорадо (рис. 157) обладаютъ расположеніемъ, которое свойственно отдѣльностямъ лавоваго потока; наоборотъ, перистыя образованія Гумбольдтовой скалы на берегу Эльбы у Аусспга (Устье) въ Чехіи (рис. 158), являются прекраснымъ примѣромъ того строенія, которымъ обладаютъ жилы.

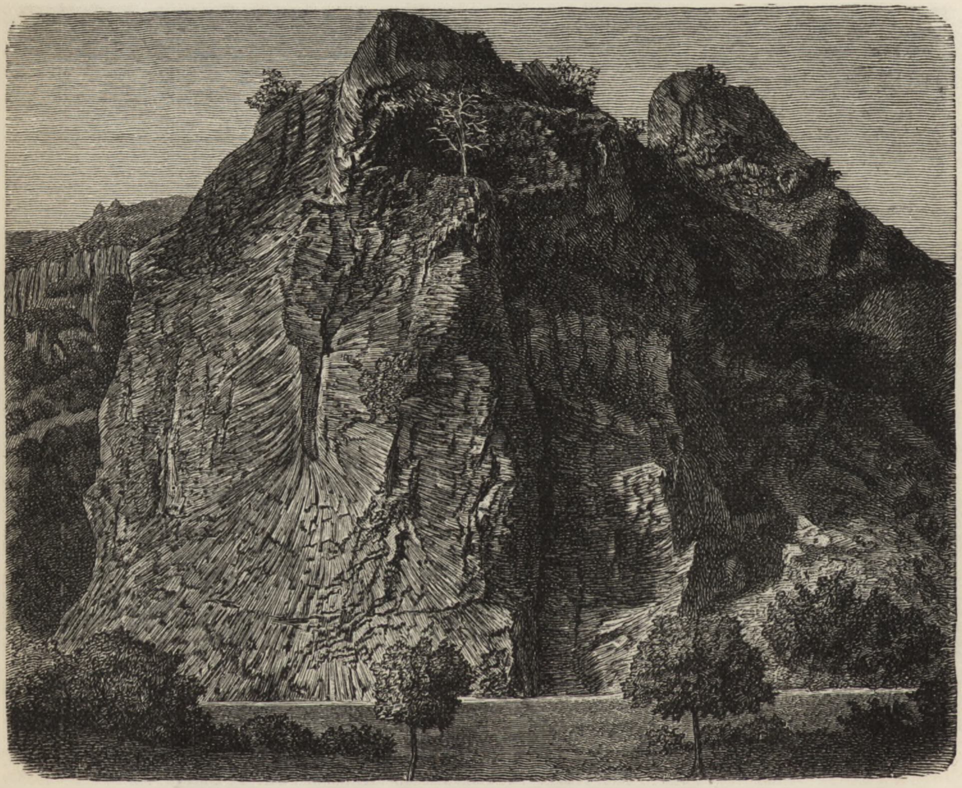


Рис. 158. Перистое расположеніе отдѣльностей въ Гумбольдтовой скалѣ у Аусспга, на берегу Эльбы въ Чехіи.

Въ другихъ случаяхъ застывающая лава пріобрѣтаетъ сфероидальную структуру; вся порода распадается на шаровыя отдѣльности, состоящія изъ концентрическихъ слоевъ, расположенныхъ другъ на другѣ (см. рис. 159); иногда сфероидальное строеніе переходитъ въ столбчатое и наоборотъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ горная порода распадается также на плитняковыя отдѣльности (см. рис. 160).

Микроскопическое строеніе вулканическихъ продуктовъ также разнообразно. Нѣкоторыя лавы образуютъ при застываніи *стекловатыя* горныя породы; таковы въ большинствѣ случаевъ трахитовыя лавы разныхъ мѣстностей. Онѣ представляютъ обыкновенно сильно блестящія массы съ раковистымъ изломомъ и при разбиваніи, даютъ осколки съ острыми просвѣчивающими краями. Чаще онѣ окрашены въ черный цвѣтъ, рѣже въ темнобурый, сѣрый и зеленоватый. Это такъ

называемые *обсидіаны;* они не представляютъ чистаго вулканическаго стекла, и подъ микроскопомъ можно замѣтить въ ихъ основной массѣ множество мелкихъ кристалликовъ. Обсидіановыя лавы извѣстны въ Европѣ на Липарскихъ островахъ къ сѣверу отъ Сициліи, и въ огромномъ количествѣ на Исландіи; кромѣ того, въ Арменіи, на Канарскихъ островахъ, на нѣкоторыхъ изъ Вестъ-Индскихъ островахъ, въ Мексикѣ, въ Національномъ Паркѣ Соедин. Штатовъ на рѣкѣ Іеллоустонъ, и на Явѣ находится много богатыхъ кремнекислотою, стекловатыхъ лавъ. Впрочемъ, стекловатое строеніе лавъ является вообще исклю-

Рис. 159. Шаровыя отдѣльности Лукавеца въ Темешскомъ Комитатѣ. (По фотографическому снимку.)

ченіемъ; особенно рѣдко наблюдается оно у бѣдныхъ кремнекислотою базальтовыхъ лавъ.

Края базальтовыхъ жилъ, которыми онѣ примыкаютъ къ сосѣдней породѣ (такъ называемые зальбанды), состоятъ иногда изъ базальтоваго стекла,—тахилита. Такое же строеніе наблюдалось и въ лавовомъ потокѣ Пасти Ада (Gueule de l'Enfer) въ департаментѣ Ардемъ въ центральной Франціи; нижнія части его, располагающіяся непосредственно на древнѣйшей породѣ (гнейсѣ), обладаютъ стекловатою структурой. Стекловатыя видоизмѣненія базальтовыхъ лавъ въ огромномъ количествѣ находятся на островѣ Гаваи; не чужды эти образованія и большимъ потокамъ западной части Сѣверной Америки. Причина, вслѣдствіе которой лавы пріобрѣтаютъ стекловатое строеніе, не вполнѣ извѣстна намъ. Общераспространенное мнѣніе, по которому быстрота остыванія имѣетъ рѣшающее значеніе, не

можетъ быть удержано въ виду существованія мощныхъ потоковъ, состоящихъ изъ обсидіана и распадающихся на столбчатыя отдѣльности. Можетъ быть, тягучесть кислыхъ лавъ, препятствующая свободному движенію молекулъ, является важнымъ условіемъ стекловатаго строенія. Противуположность представляютъ основныя лавы, обладающія значительной подвижностью частицъ, которая и позволяетъ имъ вполнѣ выкристаллизовываться. Причину большой подвижности основныхъ лавъ, *Дана* видитъ въ легкоплавкости ихъ составныхъ частей, а наклонность кислыхъ лавъ образовывать стекловатыя породы, *Юддъ* приписываетъ богатому содержанію въ нихъ натровыхъ и каліевыхъ силикатовъ, которые, какъ показываетъ фабричная практика, вообще благопріятствуютъ образованію стекла.

Рис. 160. Базальты Хольмарсфьила въ Исландіи, распадающіеся на плитняковыя отдѣльности. (По Надгорсту.)

Гораздо болѣе распространены *кристаллическія* лавы. Верхнія части потоковъ обыкновенно представляютъ пузырчатыя шлаковыя образованія, но въ глубинѣ кристаллическое строеніе выступаетъ въ столь рѣзкой формѣ, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ такія лавы очень трудно отличить отъ древнѣйшихъ базальтовъ и трахитовъ.

Неоднократно указывали на непостоянство *химическаго состава* лавъ; при этомъ имѣли въ виду трахитовыя и базальтовыя изверженныя породы. На самомъ дѣлѣ подъ именемъ лавы мы разумѣемъ не какую-нибудь опредѣленную въ химическомъ и минералогическомъ отношеніи породу: этимъ словомъ мы обозначаемъ всякую расплавленную массу, выбрасываемую вулканомъ. „Все то, что вытекаетъ изъ кратера, и отлагается въ новыхъ мѣстахъ, называется лавой“,—говоритъ *Лео-*

польдъ фонъ-Бухъ. Число породъ, относящихся къ разряду лавъ, довольно ограничено: это главнымъ образомъ трахиты, базальты и породы, занимающія промежуточное положеніе между ними. Кромѣ того, сюда же можно отнести нѣкоторыя другія породы, характеризующіяся содержаніемъ извѣстныхъ минераловъ: лейцита, нозеана, нефелина и др. *Трахиты и базальты* представляютъ различіе, не только въ ихъ химическомъ и минералогическомъ составѣ; лавовые потоки, образованные ими, обладаютъ далеко не одинаковыми физическими свойствами. Базальтовыя лавы наклонны распространяться въ ширину и текутъ на огромныхъ протяженіяхъ; трахитовыя лавы обладаютъ бо́льшею густотой, меньшею подвижностью. Какъ древнѣйшія, такъ и новѣйшія базальтовыя лавы, встрѣчаются особенно часто въ видѣ покрововъ. Упомянутый выше огромный потокъ Скаптаръ-юкула въ Исландіи относится къ базальтамъ. Вообще во всякой вулканической мѣстности можно найти цѣлый рядъ примѣровъ, подтверждающихъ справедливость сказаннаго. Наоборотъ, трахиты представляютъ короткіе и широкіе потоки съ поверхностью, покрытою множествомъ неровностей.

Свойства лавы одного и того же вулкана далеко не всегда одинаковы; нѣкоторые вулканы въ теченіи всей своей дѣятельности выбрасываютъ только одинъ какой нибудь видъ лавы, но въ большинствѣ случаевъ они выдѣляютъ одновременно какъ базальтовыя, такъ и трахитовыя массы; въ рѣдкихъ случаяхъ вулканъ выбрасываетъ то одну, то другую лаву (Гекла и Крафла въ Исландіи). Значительно чаще, свойства и составъ лавъ измѣняются съ извѣстною правильностью; сначала выдѣляется одна лава, затѣмъ другая. Обыкновенно трахитовые продукты предшествуютъ базальтовымъ. Примѣромъ можетъ служить Везувій: Сомма состоитъ изъ породъ, богатыхъ кремнекислотою, наоборотъ, во время новѣйшихъ изверженій выбрасывались бѣдныя кремнекислотой лейцитовыя лавы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, по окончаніи базальтоваго періода дѣятельности, вулканы выдѣляютъ въ теченіе непродолжительнаго времени трахитовыя лавы. Въ Венгріи и въ западной части Сѣверной Америки, *Рихтгофенъ* наблюдалъ сложную послѣдовательность различныхъ лавъ. Въ этихъ странахъ продукты древнѣйшихъ изверженій обладаютъ сильно основнымъ характеромъ и состоятъ изъ пропилита и андезита; далѣе кислотность возрастаетъ, выбрасываются трахитовыя лавы и сильнокислыя ріолиты; наконецъ, опять появляются базальты. Эта замѣчательная послѣдовательность, названная по имени открывшаго ее ученаго, наблюдается въ Японіи, на Липарскихъ островахъ и въ другихъ мѣстностяхъ.

Такимъ образомъ, въ большинствѣ случаевъ продукты, выбрасываемые вулканами, подвержены извѣстнымъ смѣнамъ. Въ чемъ же причина этого явленія? Повидимому, въ глубинахъ, откуда извергаются лавы, существуютъ два разнородныхъ матеріала, занимающихъ различныя области: одинъ и тотъ же вулканъ получаетъ лаву изъ разныхъ областей. Въ большинствѣ случаевъ можно допустить существованіе двухъ областей; одна доставляетъ лавы, богатыя кремнекислотой, другая—бѣдныя ею; лавы, занимающія промежуточное положеніе по своему составу, происходятъ вслѣдствіе смѣшенія. Мысль эта подтверждается изслѣдованіями *Бунзена* надъ лавами Исландіи: онъ показалъ, что на этомъ островѣ встрѣчаются крайніе представители того и другого рода. Однѣ онъ называетъ нормальными трахитовыми породами, другія—нормальными пироксеновыми породами (лучше было бы ихъ назвать базальтовыми). Химическій составъ ихъ слѣдующій:

	Нормальн. трахиты.	Нормальн. базальты.
Кремнекислоты	76,67	48,47
Глинозема и закиси желѣза . .	14,23	30,16
Окиси кальція	1,44	11,87
Окиси магнія	0,28	6,89
Окиси калія	3,20	0,65
Окиси натрія	4,18	1,96
Всего	100,00	100,00

Остальныя горныя породы, по количеству содержащейся въ нихъ кремнекислоты, занимаютъ промежуточное положеніе; онѣ разсматриваются какъ смѣсь нормальныхъ трахитовыхъ и базальтовыхъ лавъ. Процентный составъ этихъ породъ вполнѣ подтверждаетъ такое допущеніе. Если, напр., въ нѣкоторой горной породѣ найдено 53,08 процентовъ кремнекислоты, то это позволяетъ разсматривать ее какъ смѣсь 1 части трахитовой массы и 5,117 частей базальтовой. Можно вычислить, сколько глинозема и окиси желѣза, извести, магнезіи и т. д. должна содержать порода и провѣрить вычисленный составъ непосредственнымъ анализомъ. Результаты подобныхъ сопоставленій приведены въ слѣдующей таблицѣ:

Составныя части породы.	I.		II.		III.	
	Найдено	Вычислено	Найдено	Вычислено	Найдено	Вычислено
Кремнекислоты . . .	51,75	51,75	53,08	53,08	73,37	73,37
Глинозема и окиси желѣза	28,31	28,39	27,57	28,70	16,09	17,25
Извести	10,65	10,49	10,16	9,92	2,66	2,49
Окиси магнія	6,13	5,90	5,81	5,32	1,05	1,52
Окиси калія	0,96	1,01	1,06	0,61	2,90	3,01
Окиси натрія	2,20	2,46	2,32	2,37	3,93	2,35
Сумма .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99

I. Порода изъ Рейгадалръ Фоссъ у Гваммра (1 часть трахита, 7,597 частей базальта). — II. Горная порода изъ Кальманстунги (1 часть трахита, 5,117 частей базальта). — III, Фонолитъ изъ горы Клетта у Кальманстунги (1 часть трахита, 0,1325 частей базальта).

Это поразительное совпаденіе вычисленнаго и непосредственно найденнаго состава, замѣчается во всѣхъ исландскихъ массивныхъ горныхъ породахъ. Тому же закону подлежатъ многія вулканическія породы другихъ мѣстностей, какъ, напр., породы Арменіи, изслѣдованныя *Абихомъ*. Однако, существуетъ не мало и такихъ изверженныхъ породъ, которыя не могутъ быть разсматриваемы какъ смѣсь базальтовой трахитовой массы: онѣ содержатъ, напр., болѣе 76,87 процентовъ кремнекислоты. Отсюда слѣдуетъ, что свести всѣ массивныя горныя породы земли къ двумъ типамъ *Бунзена* невозможно, но что касается Исландіи, то существованіе двухъ различныхъ массъ, питающихъ ея вулканы, почти доказано. Весьма вѣроятно, что всѣ горныя породы каждой данной области могутъ быть сведены къ двумъ главнымъ типамъ, составъ которыхъ можетъ быть вездѣ одинаковъ или различенъ, смотря по мѣстности.

Полагая, что въ глубинахъ существуютъ двѣ различныхъ массы, питающихъ вулканы, мы до сихъ поръ однако ничего не говорили ни объ ихъ свойствахъ и залеганіи, ни о причинахъ ихъ смѣшенія. Установить какую-нибудь точку зрѣ-

нія на этотъ предметъ чрезвычайно трудно, но среди всѣхъ гипотезъ, объясняющихъ явленіе, наиболѣе вѣроятна гипотеза *Сарторіуса фонъ-Вальтерсгаузена.* По общепринятому воззрѣнію, земля была первоначальнора сплавленнымъ шаромъ. При охлажденіи послѣдняго различныя вещества располагались ближе къ центру или дальше отъ него въ зависимости отъ ихъ удѣльнаго вѣса; тяжелыя массы сосредоточились въ центрѣ, болѣе легкія расположились около него въ видѣ ряда послѣдовательныхъ концентрическихъ слоевъ. Такъ какъ богатые кислотою силикаты (нормальные трахиты) обладаютъ меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, то они и образовали внѣшній слой первоначальнаго земнаго шара; бѣдные же кремнекислотой силикаты (нормальные базальты) расположились глубже. Такимъ образомъ обѣ области, изъ которыхъ вулканъ получаетъ лаву, лежатъ другъ на другѣ; трахитовыя лавы извергаются съ меньшей глубины, базальтовыя —съ большей. На границѣ этихъ двухъ областей обѣ массы перемѣшаны и постепенно переходятъ одна въ другую. Отсюда возможно появленіе на поверхности лавъ промежуточнаго характера. Можно сдѣлать другое объясненіе и представить, что базальтовыя массы, извергающіяся изъ глубины, увлекаютъ за собою трахитовыя массы. Иногда продукты одного и того же изверженія неоднородны на всемъ своемъ протяженіи; въ такихъ случаяхъ можно допустить, что смѣшеніе обоихъ матеріаловъ было неравномѣрнымъ и что въ расплавленной массѣ еще до ея изверженія породы различнаго состава присутствовали въ обособленномъ видѣ.

Рис. 161. „Скрученная бомба", выброшенная Везувіемъ въ 1872 г.

На ряду съ лавами громадный интересъ представляютъ и рыхлые продукты изверженій; большіе камни, выбрасываемые вулканами, носятъ названіе *вулканическихъ бомбъ,* мелкіе — *лапилли* или *рапилли; вулканическимъ пескомъ* называютъ мелкозернистые обломки твердыхъ продуктовъ и *вулканическимъ пепломъ* — мельчайшія частицы ихъ, подобныя пыли. Происхожденіе всѣхъ этихъ вулканическихъ продуктовъ можетъ быть двоякаго рода. Часто низвергаются въ кратеръ большія или меньшія части прежняго конуса, размельчаются и снова выбрасываются вверхъ: иногда весь прежній конусъ взлетаетъ на воздухъ. Но обломки конуса даютъ только незначительную часть извергаемыхъ рыхлыхъ продуктовъ: главная масса ихъ состоитъ изъ расплавленныхъ породъ, которыя выбрасываются изъ глубины и сильными взрывами пара раздробляются въ мелкую пыль, подобно водѣ, которою стрѣляютъ изъ пистолета. Справедливость такого соображенія подверждаютъ многія явленія и прежде всего особый видъ круглыхъ или овальныхъ такъ называемыхъ „скрученныхъ„ бомбъ („gedrehte Bomben"; въ Неаполѣ ихъ называютъ „слезами

Везувія"; см. рис. 161); это куски лавы, выброшенные изъ кратера въ расплавленномъ состояніи и отвердѣвшіе во время полета черезъ воздухъ; вслѣдствіе вращательнаго движенія они покрылись спиральными бороздами. Въ большинствѣ случаевъ рыхлые продукты превосходятъ по своей массѣ количество вытекающей лавы. Если изверженіе происходитъ подъ водою или твердые продукты его падаютъ въ море, то образуются слоистые осадки вулканическихъ туфовъ, заключающіе иногда остатки морскихъ животныхъ. Вся Неаполитанская Кампанья состоитъ изъ такихъ породъ; происхожденіе ихъ врядъ-ли можетъ быть приписано дѣятельности Везувія; вѣроятнѣе допустить, что онѣ выброшены вулканами Флегрейскихъ полей. По мнѣнію *Деекке* ихъ слѣдуетъ приписать изверженіямъ кратера Камальдоли.

Среди продуктовъ изверженій многихъ вулкановъ, и особенно Везувія, большого вниманія заслуживаютъ обломки тѣхъ горныхъ породъ, которыя прорѣзывала лава при своемъ движеніи вверхъ и увлекла за собою при изверженіи (fremden Blöcke). Такіе продукты рѣдко попадаются у новѣйшихъ конусовъ Везувія, а при послѣднихъ изверженіяхъ и вовсе отсутствовали; напротивъ того, древній Везувій, — Сомма во время своихъ доистрическихъ изверженій выбрасывалъ огромное количество такихъ бомбъ. Послѣднія состоятъ отчасти изъ новѣйшихъ морскихъ отложеній съ раковинами двухстворчатыхъ и брюхоногихъ, отчасти изъ сѣрыхъ известняковъ мѣловой системы. Въ Аппенинахъ и горахъ Сорренто подобные известняки образуютъ мощные пласты; вѣроятно, они залегаютъ также въ глубинѣ подъ Везувіемъ. Выброшенные вулканами известняки претерпѣли существенныя измѣненія; нѣкоторые обломки ихъ превратились въ кристаллическій мраморъ, въ нѣкоторыхъ же изъ нихъ, вслѣдствіе химическаго дѣйствія лавы на углекислый кальцій, образовался цѣлый рядъ любопытныхъ и прекрасно окристаллизованныхъ минераловъ. Чаще всего попадается кальцитъ, авгитъ, слюда, оливинъ, рѣже везувіанъ, гранатъ, форстеритъ, гумитъ, сарколитъ, мейонитъ, мелититъ, лецитъ, нефелинъ, содалитъ гаюнинъ, волластонитъ и много другихъ. Везувій считается однимъ изъ знаменитыхъ мѣсторожденій различныхъ минераловъ.

Теорія поднятія и теорія накопленія.

Если бы мы поднялись на конусъ Везувія или заглянули въ одну изъ глубокихъ трещинъ, обнажающихъ его внутреннія части, то замѣтили бы, что этотъ конусъ образованъ тѣми массами, которыя выбрасываются изъ кратера. Рыхлые продукты,—рапилли, вулканическій песокъ и пепелъ перемѣшаны съ застывшими потоками лавы; они прорѣзаны во всѣхъ направленіяхъ лавовыми жилами, которыя заполнили трещины въ бокахъ горы. Мы уже видѣли, что во время умѣренной дѣятельности вулкана происходитъ накопленіе изверженныхъ массъ, и конусъ постепенно растетъ: этимъ путемъ въ очень короткое время возмѣщаются значительныя потери, претерпѣваемыя вершиной во время сильныхъ изверженій. Части конуса, образовавшіяся на нашихъ глазахъ, не отличаются отъ древнѣйшихъ его частей ни матеріаломъ, изъ котораго построены, ни его расположеніемъ; поэтому мы можемъ думать, что и весь конусъ образовался путемъ накопленія продуктовъ изверженій, начиная съ 79 года.

Мы не имѣемъ точныхъ свѣдѣній объ изверженіи Соммы въ историческое время; но для насъ несомнѣнно, что этотъ полукруглый валъ, окружающій конусъ Везувія, представляетъ остатокъ древняго кратера. Сомма также состоитъ изъ нагроможденныхъ массъ лавы, вулканическаго пепла, песку, шлаковъ и въ расположеніи ихъ обнаруживаетъ большое сходство съ внутреннимъ конусомъ. Мы не находимъ здѣсь и слѣда горныхъ породъ, которыя не имѣли бы связи съ изверженіями; массы, образующія Сомму, расположены именно такъ, какъ мы наблюдаемъ ихъ на несомнѣнныхъ конусахъ накопленія. Отсюда не трудно представить и способъ образованія Соммы. Какъ уже сказано, это — древній кратеръ; внутри него выросъ новый конусъ, въ которомъ и сосредоточилась дѣятельность вулкана. Почти при каждомъ изверженіи новыя лавы изливаются въ Атріо дель Кавалло, и если только не случится страшнаго изверженія, во время котораго обрушатся вмѣстѣ съ вершиной и массы, загромождающія ущелье, то съ теченіемъ времени послѣднее будетъ окончательно заполнено, новые продукты будутъ накопляться надъ нимъ, и Везувій сольется съ Соммой въ одну гору; ущелье отдѣляющее ихъ теперь, замѣнится террасой, подобной нынѣшнему Ле Пьяне.

Въ настоящее время почти всѣ геологи разматриваютъ Везувій и Сомму, какъ результатъ накопленія изверженныхъ продуктовъ; этотъ взглядъ распространяютъ обыкновенно и на всѣ другіе вулканы. Теорія, объясняющая происхожденіе огнедышащихъ горъ такимъ именно способомъ, носитъ названіе *теоріи накопленія;* ей противоположна *теорія поднятія,* принадлежащая *Леопольду фонъ-Буху и Александру Гумбольду* и впослѣдствіи доведенная до крайности *Дюфренуа и Эли де-Бомономъ.* Различные сторонники этой теоріи придавали ей иногда болѣе широкое, иногда болѣе узкое значеніе, но всѣ они признаютъ, что во время изверженій не только выливаются расплавленныя массы на земную поверхность, но также приподнимаются расположенныя вокругъ горныя породы; послѣднему процессу они приписываютъ рѣшающее значеніе въ образованіи рельефа вулканическихъ областей. По теоріи поднятія образованіе огнедышащей горы начинается вздутіемъ почвы и горныхъ породъ, залегающихъ на поверхности. Иногда, а по мнѣнію нѣкоторыхъ сторонниковъ теоріи очень часто, явленіе этимъ и ограничивается. Такимъ именно путемъ и возникли трахитовые, базальтовые и т. п. купола, въ которыхъ не видно и слѣдовъ кратера, вулканическаго пепла, шлаковъ, лавовыхъ потоковъ, Прекрасными примѣрами подобныхъ образованій могутъ служить огромныя трахитовыя горы южно-американскихъ Андовъ, какъ, напр., *Чимборасо,* а также *Пюи де Домъ* въ Средней Франціи, *Вультуръ* у Мельфи въ Италіи и огромное число обнаженій массивныхъ породъ третичнаго возраста. Въ другихъ случаяхъ эти вздутія лопались и образовывали кольцевыя горы, такъ называемые „кратеры поднятія“. Въ центрѣ послѣднихъ постепенно образовался тотъ кратеръ, который непосредственно доставляетъ на дневную поверхность лаву и рыхлые продукты.

По этой теоріи Сомма разсматривалась, какъ кратеръ поднятія, конусъ же Везувія—отчасти какъ результатъ накопленія, отчасти какъ второй кратеръ поднятія, выдвинувшійся внутри перваго. Нѣкоторые сторонники теоріи вообще не приписывали никакой существенной роли накопленію и объясняли происхожденіе всѣхъ вулканическихъ горъ поднятіемъ; другіе же, напр. Гумбольдтъ въ своемъ „Космосѣ“, не раздѣляли такого крайняго взгляда и допускали возможность образованія конусовъ путемъ одного накопленія.

Не говоря уже о частностяхъ, трудно объяснимыхъ поднятіемъ, достаточно указать, что въ прямомъ противорѣчіи съ разбираемою теоріей находится слѣдующій фактъ: почти всѣ кольцевые валы состоятъ исключительно изъ вулканическихъ горныхъ породъ, между тѣмъ въ образованіи кратера поднятія могли бы участвовать известняки, глинистые сланцы, песчаники въ той же степени, какъ лавы и туфы. Это заставило послѣдователей теоріи допустить, что въ первый періодъ охлажденія земли, когда еще не было горъ, первобытная кора покрылась трещинами, черезъ которыя вылились базальты, трахиты и другія родственныя имъ породы въ видѣ обширныхъ покрововъ. Послѣдніе были приподняты вулканическими силами и образовали кратеры огнедышащихъ горъ. Но такое допущеніе объясняетъ только *присутствіе* вулканическихъ породъ въ кратерахъ, но не *исключительное ихъ преобладаніе;* во всякомъ случаѣ, должна была бы существовать рѣзкая граница между первоначальными составными частями приподняго кольца и новѣйшими вулканическими продуктами; но, какъ прекрасно доказалъ *Гартунгъ,* такой границы на самомъ дѣлѣ не существуетъ.

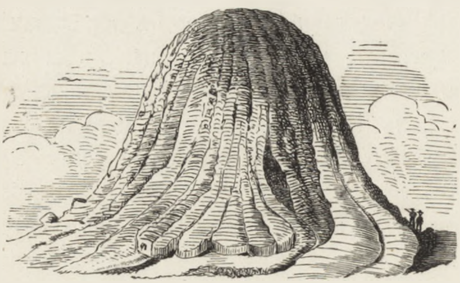


Рис. 162. Колоколообразный лавовый конусъ на островѣ Бурбонъ (Реюньонъ). (По Пулету Скропу.)

Рис. 163. Гора Эгмонта въ Новой Зеландіи (по Гохштеттеру).

Лучшимъ доводомъ въ пользу теоріи поднятія считали наклонное положеніе многихъ лавовыхъ покрововъ и пластовъ, а также крутизну нѣкоторыхъ вулканическихъ конусовъ, превосходящую естественный уголъ паденія сыпучихъ тѣлъ; особенное значеніе придавали сильно наклоненнымъ лавовымъ потокамъ, такъ какъ предполагалось, что жидкая магма не можетъ удержаться и затвердѣть на склонахъ. Эли де Бомонъ обратилъ большое вниманіе на этотъ фактъ и пытался доказать, что уже при наклонѣ въ 4° лава не можетъ держатся и что только въ очень рѣдкихъ исключительныхъ случаяхъ она застываетъ при наклонѣ въ 6°. Но въ основаніи всѣхъ этихъ доводовъ лежала глубокая ошибка: человѣческій глазъ обыкновенно преувеличиваетъ крутизну склоновъ, и въ большинствѣ рисунковъ высота горъ обозначена

не вѣрно. Утверждая, что конусы вулкановъ вслѣдствіе своей крутизны не могли образоваться путемъ накопленія, ученые основывались на измѣреніяхъ, произведенныхъ ими на рисункахъ южно-американскихъ вулкановъ. Точныя данныя, полученныя въ послѣднее время, показали, что измѣренія были не вѣрны; Везувій, со склонами въ 31°, принадлежитъ уже къ числу очень крутыхъ конусовъ, а такія горы, какъ Гунунгъ Сумбингъ на Явѣ, съ наклономъ въ 37°, или Ключевская сопка на Камчаткѣ, съ наклономъ въ 38°, являются рѣдкимъ исключеніемъ; вулкановъ съ наклономъ въ 40° вовсе не извѣстно.

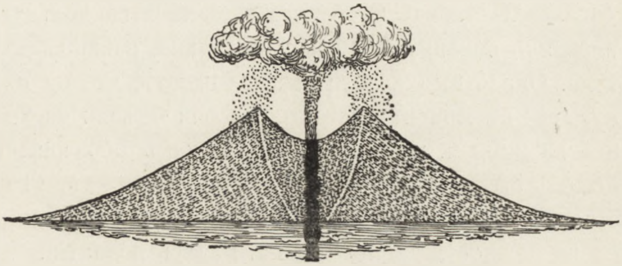


Рис. 164. Схематическій разрѣзъ вулкана (по Пулету Скропу).

Что касается мнимой неспособности лавовыхъ потоковъ застывать на крутыхъ склонахъ, то соображенія Эли де-Бомона прямо опровергаются непосредственными наблюденіями. Уже въ историческое время выброшено вулканами не мало такихъ потоковъ лавы, которые застыли, несмотря на ихъ сильный наклонъ. Въ окрестностяхъ Этны Ляйэлль наблюдалъ цѣлый рядъ такихъ случаевъ. Такъ, напр., одинъ лавовый потокъ этого вулкана застылъ подъ угломъ въ 35°; положеніе главной массы лавы, выдѣлившей его, и туфовъ, по которымъ онъ двигался, исключаютъ всякую мысль о возможности поднятія; на островѣ же Бурбонъ (Реюньонъ) въ Индѣйскомъ океанѣ извѣстенъ лавовый столбъ, имѣющій форму колокола: онъ образовался вслѣдствіе остыванія лавы, медленно выдѣлявшейся изъ бокки (см. рис. 162).

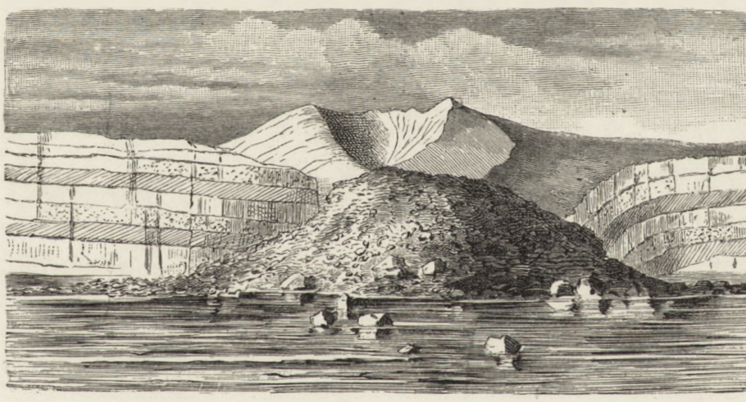


Рис. 165. Вулканическій конусъ въ Новой Зеландіи, сидящій на горизонтальныхъ третичныхъ пластахъ. (По Пулету Скропу.)

Противъ теоріи поднятія говорятъ и другіе факты. Если бы горы, имѣющія форму конусовъ и колоколовъ происходили вслѣдствіе поднятія горизонтально расположенныхъ породъ, то онѣ сопровождались бы трещинами. Сторонники разсматриваемой теоріи пытались въ извѣстныхъ случаяхъ отыскать ихъ, но безуспѣшно. Правда, многіе конусообразные вулканы острова Явы покрыты трещинами, расходящимися во всѣ стороны въ видѣ лучей; подобныя же явленія *Гохштеттеръ* наблюдалъ въ Новой Зеландіи на горѣ Эгмонта (рис. 163) и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстахъ. Но если бы эти трещины возникали вслѣдствіе поднятія, то онѣ должны бы были расширяться кверху. Отсутствіе этой особенности заставляетъ приписать ихъ происхожденіе дѣйствію стекающей съ вершины воды. То же слѣдуетъ сказать и о глубокихъ оврагахъ и

ущельяхъ на наружныхъ склонахъ вулкана, называемыхъ барранкосами и особенно хорошо развитыхъ на Канарскихъ островахъ; впослѣдствіи мы подробнѣе остановимся на этомъ явленіи, теперь же замѣтимъ, что оно не имѣетъ ничего общаго съ явленіями поднятія.

Въ появленіи новыхъ вулкановъ на глазахъ человѣка видѣли также доводъ въ пользу теоріи поднятія. Сообщеніе Овидія о появленіи огнедышащей горы на полуостровѣ *Меѳанѣ* на сѣверномъ берегу Пелопонеса, конечно, не можетъ служить доказательствомъ. Особенною извѣстностью пользуется вулканъ Хорулло въ Мексикѣ, внезапно появившійся среди цвѣтущей равнины въ ночь съ 28 на 29 сентября 1759 года. Окрестные жители разсказываютъ, что на ихъ глазахъ земля вздулась въ видѣ пузыря: въ моментъ катастрофы они бѣжали на холмъ, поднимавшійся надъ равниной на 2260 м. и отсюда видѣли, какъ образовывался вулканъ. Конечно, здѣсь не можетъ быть и рѣчи о точныхъ наблюденіяхъ. Такъ называемый *Мальпайсъ* представляетъ лавовое поле, въ современномъ состояніи котораго нѣтъ никакого намека на возможность происходившаго здѣсь поднятія.

Многія чрезвычайно важныя наблюденія совершенно противорѣчатъ теоріи поднятія въ ея крайнемъ выраженіи. Вулканы, повторныя изверженія которыхъ не успѣли замаскировать характеръ напластованія образующихъ ихъ породъ, обладаютъ сравнительно простымъ строеніемъ: главная масса изверженныхъ продуктовъ представляетъ пласты, падающіе кнаружи во всѣ стороны отъ центра; внутри же кратера слои туфовъ и пепла расположены обратно и падаютъ къ центру (см. рис. 164). Это *„переклинальное"* залеганіе рыхлыхъ продуктовъ, какъ его называетъ *Рихтгофенъ,* прекрасно выражено, между прочимъ, въ Сольфатарѣ у Поццуольскаго залива. Оно легко объясняется накопленіемъ: изверженные продукты, падая съ краевъ кратера внутрь, естественно должны образовать склоны, которые съ теченіемъ времени пріобрѣтутъ слоистое строеніе; наоборотъ, теорія поднятія не можетъ объяснить паденіе пластовъ внутри кратера къ его центру.

Еще больше возраженій разбираемой теоріи представляетъ тектоническое отношеніе кратера къ сосѣднимъ ему древнѣйшимъ породамъ, Такъ, напримѣръ, *Пулетъ Скропъ* наблюдалъ на Новой Зеландіи чрезвычайно любопытный, хотя незначительный вулканическій конусъ: онъ возвышается надъ горизонтально расположенными пластами третичной системы (рис. 165), которые не только не приподняты, но даже нѣсколько наклонены по направленію къ вулкану. Точно также *Дуттонъ* описываетъ вулканъ среди каньоновъ рѣки Колорадо, стоящій на горизонтальныхъ пластахъ (см. рис. на стр. 287). Не лишены значенія и изслѣдованія *Титце* надъ огромнымъ вулканомъ Демавендомъ въ Персіи, подымающимся приблизительно на 20000 ф. Онъ располагается въ восточной части хребта *Эльбурсъ*, который тянется съ востока на западъ вдоль южнаго берега Каспійскаго моря. Вулканъ этотъ не вноситъ никакихъ измѣненій въ простираніе и паденіе пластовъ, образующихъ хребетъ: кругомъ незамѣтно и слѣдовъ поднятія, и подножіемъ вулкана служатъ складчатыя горы, ни въ чемъ неизмѣненныя его появленіемъ.

Мы видимъ такимъ образомъ, что *всѣ обычныя появленія вулкановъ вполнѣ удовлетворительно объясняются теоріей накопленія* и что съ послѣдней вполнѣ согласуются фактическія данныя. Наоборотъ, теорія поднятія не выдерживаетъ строгой критики; при объясненіи явленій она представляетъ много непреодолимыхъ трудностей и въ настоящее время отвергнута наукой. Впервые *Юнгхунъ* и *Дана* замѣ-

тили, что ихъ наблюденія не согласуются съ этой теоріей, но только *Ляйэлль*, *Константинъ Прево* и *Пулетъ Скропъ* рѣшительно выступили противъ теоріи поднятія; они пріобрѣли много сторонниковъ, и ихъ взгляды нашли широкое распространеніе. Конечно, признаніе того факта, что образованіе конусовъ вулкановъ происходитъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе накопленія является несомнѣннымъ успѣхомъ. Но соглашаясь съ большинствомъ геологовъ, мы не можемъ не замѣтить, что противники отвергнутой теоріи зашли слишкомъ далеко въ своемъ безусловномъ отрицаніи какихъ бы то ни было явленій поднятія при вулканическихъ изверженіяхъ. Мы приведемъ здѣсь нѣсколько фактовъ, которые покажутъ справедливость нашего замѣчанія и напомнятъ, насколько всякій изслѣдователь долженъ быть остороженъ въ своихъ крайнихъ заключеніяхъ.

Примѣръ несомнѣннаго поднятія былъ уже описанъ и правильно оцѣненъ *Пулетомъ Скропомъ*, рѣшительнымъ противникомъ теоріи Леопольда фонъ-Буха. Въ Оверни находится древній кратеръ *Пюи Шопинъ*, окруженный полукруглымъ валомъ Пюи де ла Гуттъ такъ-же, какъ Везувій окруженъ Соммою. Пюи Шопинъ обладаетъ замѣчательною особенностью: въ его строеніи принимаютъ участіе не только новѣйшія изверженныя породы, каковы трахиты и базальты, но также и древніе граниты. Съ одной стороны горы видѣнъ только трахитъ, на другихъ же склонахъ, обращенныхъ къ югу, юго-востоку и юго-западу строеніе вулкана представляется сложнымъ (рис. 166): на основаніи, состоящемъ изъ базальтовъ и базальтовыхъ шлаковъ, покоится мощный слой гранита, прикрытый сверху трахитомъ; по Пулету Скропу гранитъ располагается между базальтомъ и трахитомъ какъ „начинка въ пирогѣ“. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ трахитъ залегаетъ и подъ гранитомъ. До сихъ поръ еще не сдѣлано удовлетворительнаго объясненія всѣхъ особенностей этого рѣдкаго явленія; но всего вѣроятнѣе, что своеобразное расположеніе гранита указываетъ на мѣстное поднятіе огромной толщи древнихъ породъ, происшедшее при изверженіи Пюи Шопинъ.

Подобное же явленіе, но значительно рѣзче выраженное, описываетъ *Абихъ* въ своемъ замѣчательномъ сочиненіи объ армянскомъ плоскогоріи. Недалеко отъ города Эрзерума стоитъ гора *Паландокенъ*, возвышающаяся надъ уровнемъ моря на 3147 м. и надъ окрестной равниной на 1145 м. Огромный кратеръ ея состоитъ не только изъ новѣйшихъ изверженныхъ породъ, въ его строеніи принимаютъ также участіе змѣевикъ, хлоритовые сланцы, извѣстняки и гипсъ. Всѣ эти породы обнаруживаютъ явные слѣды рѣзкихъ нарушеній и прикрыты сверху трахитами. Повидимому, и въ этомъ случаѣ слѣдуетъ предположить, что во время изверженій происходили движенія и поднятія древнѣйшихъ породъ.

Незадолго до подводнаго изверженія у *Пантелляріи* въ 1890 и въ 1891 гг. берегъ этого вулканическаго острова поднялся на 0,8 м. на протяженіи цѣлыхъ 10 км. Явленія, сопровождавшія поднятіе, какъ мы увидимъ ниже, доказываютъ, что измѣненіе высоты берега должно быть приписано вулканическимъ силамъ. Появленію Монте Нуово среди Флегрейскихъ полей въ 1538 году и изверженію Везувія въ 1861 г. также предшествовало вулканическое поднятіе. Цѣлый рядъ другихъ явленій, не исключая и такъ называемыхъ лакколитовъ и др. интрусивныхъ формъ, показываетъ, что вулканическая магма, проходя черезъ земную кору, производитъ на нее сильное давленіе. Явленія этого рода разыгрываются на значительныхъ глубинахъ въ земной корѣ и будутъ описаны нами ниже: вулканы же образованы магмою, достигшею поверхности, и представляютъ ничто иное, какъ конусы накопленія.

Изслѣдованіе Везувія и его строенія привело насъ къ разсмотрѣнію общихъ вопросовъ, касающихся вулканической дѣятельности. Здѣсь мы прервемъ цѣпь нашихъ разсужденій и снова вернемся къ величественному вулкану Неаполитанскаго залива. Если мы оглянемся назадъ и представимъ себѣ въ общихъ чертахъ исторію Везувія, то замѣтимъ слѣдующее: въ теченіи нѣсколькихъ тысячелѣтій дѣятельность его сосредоточивается въ одномъ мѣстѣ; иногда она нарушается періодами продолжительнаго покоя, иногда совершается непрерывно въ теченіе многихъ лѣтъ; за періодами умѣренной дѣятельности слѣдуютъ иногда грозныя изверженія; вулканъ выбрасываетъ лаву и рыхлые продукты; постепенно путемъ ихъ накопленія созидается гора. Во времена доисторическія выбрaывались по преимуществу трахитовыя лавы, и дѣйствующимъ вулканомъ была Сомма. Затѣмъ вулканъ на много вѣковъ прекратилъ свою дѣятельность и изверженіемъ 79 года вступилъ въ новую фазу своей исторіи; онъ выбрасываетъ теперь бѣдныя кремнекислотой лейцитовыя породы; внутри кольца Соммы появился новый конусъ, расположенный нѣсколько эксцентрически; въ теченіе 1800 лѣтъ онъ непрерывно растетъ въ періоды умѣренной дѣятельности и опять теряетъ свою вершину во время стремительныхъ изверженій. Атріо дель Кавалло и терраса ле Пьяне загромождаются изверженными массами, и основаніе вулкана расширяется. Если развитіе Везувія продлится въ томъ же направленіи, то онъ сольется съ Соммой въ одинъ огромный конусъ.

Рис. 166. Пюи Шопинъ въ Оверни, прорѣзанный гранитами (по Пулету Скропу).

Флегрейскія поля.

Иную картину вулканической дѣятельности представляютъ *Флегрейскія поля* (см. рис. 167), расположенныя на сѣверномъ берегу Неаполитанскаго залива — и простирающіяся отъ самаго города до Мизенскаго мыса. Если въ немногихъ словахъ характеризовать эту мѣстность, то придется указать на господство трахитовыхъ породъ, на второстепенное значеніе застывшихъ лавъ и на огромныя количества рыхлыхъ вулканическихъ продуктовъ и образованныхъ ими туфовъ; въ противоположность Везувію мы не найдемъ здѣсь центральнаго кратера, дѣйствующаго болѣе или менѣе продолжительно: въ разное время среди этой мѣстности то тутъ, то тамъ

появляются новыя бокки; онѣ даютъ иногда одно, иногда нѣсколько слабыхъ изверженій и затѣмъ прекращаютъ дѣятельность.

Нѣкоторые насчитываютъ среди Флегрейскихъ полей до двадцати кратеровъ; но число это во всякомъ случаѣ неточно: наблюдая здѣсь тѣ или иные выступы, мы часто не можемъ рѣшить, представляютъ ли они остатокъ размытыхъ водою кольцевыхъ кратеровъ. Прекраснымъ примѣромъ этого рода служитъ самъ Неаполь и его ближайшія окрестности до мыса Позилиппо. *Брейслакъ* насчитываетъ здѣсь до пяти древнихъ кратеровъ, но ни одинъ изъ нихъ не можетъ быть доказанъ. Только значительно западнѣе начинаются несомнѣнные кратеры, каковы островъ Низита, Аньянское озеро,

Рис. 167. Карта Флейгрейскихъ полей.

Пьянура у Камальдоли и др,; отсюда они тянутся до Мизенскаго мыса и продолжаются на островахъ Прочида и Искія. Общая картина этихъ многочисленныхъ кольцевыхъ горъ открывается съ монастыря Камальдоли: онъ занимаетъ высшую точку всей мѣстности (450 м.), и самъ лежитъ на кольцевомъ валу древняго, отчасти разрушеннаго кратера, самаго большаго среди Флегрейскихъ полей, такъ называемой Пьянуры. Картина эта, безъ сомнѣнія, одна изъ самыхъ очаровательныхъ на землѣ; но особую прелесть пріобрѣтаетъ она для того, кто умѣетъ смотрѣть глазами геолога и въ первый разъ озираетъ съ высоты вулканическую мѣстность: Астрони, Сольфатара и другіе представители Флегрейскихъ полей, раскинувшіеся у его ногъ и выступающіе съ такою ясностью, могутъ служить лучшими примѣрами своеобразныхъ кольцевыхъ горъ.

Мы не будемъ говорить здѣсь о всѣхъ многочисленныхъ вулканахъ этой мѣстности и остановимся только на самыхъ замѣчательныхъ изъ нихъ. Однимъ изъ

наиболѣе характерныхъ кратеровъ является *Астрони*, кольцевое углубленіе котораго обладаетъ формою эллипса съ большою осью въ 2000 м. и съ малою въ 1300 м. Его склоны извѣстны своею поразительною крутизной; единственный доступъ къ кратеру представляетъ искусственный прорѣзъ въ его отвѣсныхъ стѣнахъ, подымающихся у лѣсистой подошвы и представляющихъ паркъ, огороженный самою природой. Обрывистыя стѣны Астрони состоятъ изъ трахитоваго туфа и рыхлыхъ изверженныхъ продуктовъ; вулканъ никогда не выливалъ лавы; только внутри кратера видно нѣсколько холмистыхъ возвышеній изъ твердаго трахита; послѣдній вырвался, повидимому, изъ глубины и застылъ въ кратерѣ, не достигши его краевъ.

Мы ничего не знаемъ о дѣятельности Астрони въ историческое время. Нельзя этого сказать о сосѣдней съ нимъ знаменитой *Сольфатарѣ*, сообщившей особое названіе цѣлой группѣ вулкановъ. Широкое кольцо ея располагается почти у самаго Поццуоли и своими болѣе высокими точками поднимается надъ уровнемъ моря на 200 м., а болѣе низкими на 166 м. Плоское дно кратера едва достигаетъ 500 м. въ поперечникѣ и лежитъ на высотѣ въ 100 м., т.-е. на 70 м. ниже самыхъ низкихъ частей вала. Трахитовые туфы, образующіе эту гору, сильно разрушены проходившими черезъ нихъ парами; такой же характеръ носитъ дно кратера. Мѣстами горная порода даетъ при ударѣ характерный звукъ пустого сосуда, происходящій, можетъ быть, вслѣдствіе существованія подземныхъ пустотъ, а можетъ быть, и вслѣдствіе сильно выраженной пористости породы. Внутри кратеръ одѣлся богатою растительностью, вѣчно зеленѣющими кустарниками, лаврами и т. п., но мѣстами, особенно въ восточной части, горныя породы на большихъ протяженіяхъ обнажаются; здѣсь можно ясно видѣть слоистое расположеніе туфовъ, которые падаютъ по направленію къ центру и представляютъ прекрасный примѣръ такъ называемаго „периклинальнаго“ напластованія; во многихъ мѣстахъ изъ-подъ земли поднимаются фумаролы, выдѣляющія сѣроводородъ; онѣ преимущественно сосредоточены у главной бокки на восточномъ краю кратера; здѣсь въ небольшомъ гротѣ стоитъ лужа мутной воды, изъ которой съ громкимъ шумомъ и ревомъ вырываются водяные пары и сѣроводородъ; это — остатокъ прежней сильной дѣятельности кратера, вступившаго теперь въ ту фазу, которую проходятъ многіе вулканы на пути къ полному покою. Вулканы, выдѣляющіе сѣроводородъ и сѣрнистый газъ, встрѣчаются въ разныхъ мѣстахъ на земной поверхности. Всѣ они носятъ названіе *сольфатаръ*.

Въ давнее время, о которомъ мы не имѣемъ никакихъ свѣдѣній, знаменитая Сольфатара у Поццуоли извергала лаву: по крайней мѣрѣ, часть кольца ея образована лавой, а можетъ быть и трахиты Монте Олибано представляютъ древній лавовый потокъ. Въ историческое время изверженіе Сольфатары происходило, вѣроятно, въ 1198 году, т.-е. въ одинъ изъ тѣхъ періодовъ, когда Везувій прекращалъ свою дѣятельность.

Едва ли не самымъ важнымъ и любопытнымъ кратеромъ Флегрейскихъ полей является *Монте Нуово* (рис. 168): эта коническая гора, возвышающаяся на 139 м. надъ уровнемъ моря, выросла въ нѣсколько дней на равномъ мѣстѣ во время страшнаго изверженія 1538 года. Монте Нуово представляетъ рѣдкій случай внезапно выросшаго вулкана, о появленіи котораго мы имѣемъ точныя свѣдѣнія; кромѣ того исторія горы ограничивается немногими днями и такимъ образомъ представляетъ огромное значеніе для уясненія вулканической дѣятельности вообще. Сохранилось четыре документальныхъ извѣстія объ этомъ грандіозномъ событіи. Особеннаго внима-

нія заслуживаетъ письмо Франческо дель Неро и сообщеніе Марко Антоніо дельи Фальконп. Вотъ что пишетъ первый:

„Не знаю, случалось ли вамъ бывать въ Поццуоли. На разстояніи шести выстрѣловъ отъ города начинается равнина. Прежде она простиралась на $^1/_2$ мили въ ширину и захватывала часть морского берега, вправо отъ горы. Теперь вся равнина и часть горы превратились въ одну огромную огненную пасть: она достигаетъ почти $^1/_2$ мили въ длину и ширину. Это явленіе невольно приковываетъ вниманіе и поражаетъ неожиданностью, хотя въ немъ и нѣтъ ничего противоестественнаго. *Аристотель* увѣковѣчилъ два такихъ случая въ своемъ сочиненіи „Meteorologica“, книга 2: одинъ имѣлъ мѣсто въ Понтѣ, другой на островѣ Сагре. 28 сентября, около 18 часовъ (12 часовъ 15 минутъ пополудни), у Поццуоли море высохло на протяженіи 600 локтей; жители города собирали рыбу, которая лежала на пескѣ, и возили ее цѣлыми возами. 29 сентября, приблизительно въ 14 часовъ (8 часовъ 15 минутъ утра), въ томъ мѣстѣ, гдѣ теперь разверзлась огненная пропасть, земля опустилась на 6 локтей и выбросила водяной столбъ. По

Рис. 168. Монте Нуово у Поццуоли. (По Ляйэллю.)

сообщенію однихъ очевидцевъ онъ былъ холоденъ и прозраченъ; другіе же увѣряютъ, что вода была тепла и издавала сѣрный запахъ. Такъ какъ лица, которыхъ я опрашивалъ, вполнѣ заслуживаютъ довѣрія, то надо полагать, что оба сообщенія правильны: сначала вода обладала одними свойствами, а потомъ другими. Около полудня того же дня земля стала вздуваться; къ $1^1/_2$ часамъ (7 часовъ 45 минутъ) вечера участокъ, опустившійся раньше, сильно поднялся и достигъ высоты Монте Руози въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится башня. Приблизительно въ это же время вырвался изъ-подъ земли яркій огонь и образовалась пропасть съ такимъ ужаснымъ грохотомъ и шумомъ, что я, находясь въ то время въ саду, сильно перепугался; черезъ $^2/_3$ часа, не смотря на болѣзнь, я взобрался на близлежащій холмъ, откуда все было видно. Вы не повѣрите, какое чудное зрѣлище открылось предо мною! Вмѣстѣ съ огнемъ поднимались земля и камни; они летѣли вверхъ и падали обратно вблизи огненной пасти. Въ морѣ они насыпали огромную мель, имѣющую видъ дуги. Разстояніе между ея концами составляетъ $1^1/_2$ мили, а ширина ее въ серединѣ — $^2/_3$ мили.

„Въ сторонѣ, обращенной къ Поццуоли, образовалась гора, такой же высоты, какъ Монте Морелло, и на 70 миль кругомъ земля и деревья покрылись пепломъ. Въ моемъ имѣніи не осталось ни одного листочка, который не былъ бы имъ засыпанъ, а около Поццуоли на протяженіи шести миль вѣтви всѣхъ деревьевъ были поломаны; трудно было даже вообразить, что здѣсь недавно красовалась богатая раститель-

ность; ее побилъ пепельный градъ, который былъ здѣсь крупенъ, мягокъ, тежелъ и издавалъ запахъ сѣры; онъ сокрушилъ не только деревья, но и убилъ множество зайцевъ, птицъ и другихъ мелкихъ звѣрей. Вчера я отправился опять въ Поццуоли вмѣстѣ съ мессеромъ Чекко ди Лоффредо, который везъ вещи мессера Пауло Антоніо. Тамъ собралось все общество. Смотрѣли и удивлялись. Но теперь смотрѣть было не на что: стояла гора—и только. Я говорю такъ потому, что въ сравненіи съ ночью, когда произошло изверженіе, видѣнное мною, это было слишкомъ ничтожно. Въ Неаполѣ никто не замѣтилъ огня, а такихъ очевидцевъ, которые сумѣли бы объяснить, въ чемъ было дѣло, почти не нашлось; ну, я одинъ и долженъ былъ разсказывать о явленіи, свидѣтелемъ котораго былъ. Съ той ночи, когда люди собрались у города, не случилось уже ничего замѣчательнаго... Постараюсь пояснить примѣромъ видѣнное мною. Представьте, что огненною пастью служитъ башня Ангела (въ Римѣ) и что вся она наполнена множествомъ ракетъ, расположенныхъ другъ подлѣ друга,—вообразите, что онѣ зажжены. Ракеты полетятъ вверхъ, но при паденіи сдѣлаютъ поворотъ и направятся или къ Тибру, или на городской выгонъ. Представьте, что онѣ заполнили рѣку и нагромоздились еще въ высоту до 12 локтей, а на лугахъ воздвигли гору величиною съ Санто Сильвестре въ Тускуланѣ: она заняла все пространство отъ виноградниковъ мессера Биндо до Монте Маріо. Западный вѣтеръ, который дулъ тогда, несъ ракеты только въ эти мѣста, и для полноты картины вы должны представить, что у собора Св. Петра ихъ упало немного. Все это сдѣлала огненная пасть. Она извергала огромныя глыбы земли, величиною съ быка, и подбрасывала ихъ, по моему мнѣнію, на $1^1/_2$ мили въ высоту. Эти массы падали вблизи пропасти на такомъ разстояніи, какое пролетаетъ камень, брошенный рукою,—можетъ быть на растояніи вдвое или втрое большемъ. Въ теченіи ночи онѣ загромоздили часть моря и образовали гору, о которой я уже говорилъ. Камни и комья земли, низвергавшіеся на землю, были сухи. На болѣе далекомъ разстояніи отъ пасти падали легкіе и мелкіе камни; они были мягки и пористы,—вѣрный признакъ ихъ охлажденія на высотѣ. Пары, поднимаясь вверхъ, тоже остывали и превращались въ воду; потому то пепелъ и былъ влаженъ и мягокъ, хотя на небѣ не виднѣлось ни тучки. Я бы могъ по всѣмъ правиламъ логики выяснить естественныя причины высыханія моря, происхожденія сначала холодныхъ, а потомъ горячихъ водяныхъ столбовъ, опусканія земли и поднятія ея и, наконецъ, изверженія огня. Я могъ бы объяснить, почему въ теченіи десяти дней по десяти разъ въ часъ происходили землетрясенія, а въ Поццуоли и вовсе не прекращались и почему они и тамъ и здѣсь затихли послѣ изверженія. Но мнѣ извѣстно, что все это уже написалъ мессеръ Симоне Порціо въ своемъ донесеніи вицекоролю и свѣтлѣйшему князю Фарнезе, а прослыть человѣкомъ, который загребаетъ жаръ чужими руками, не особенно желательно. Поццуоли теперь опустѣлъ, море неузнаваемо и скорѣе походитъ на вспаханную землю. Сверху лежитъ слой камней, которые здѣсь называютъ рапилли; высота его $^1/_2$ ладони; нѣкоторые изъ нихъ плаваютъ. Единственное, чего я не могу объяснить, это огромное количество матеріала, вырвавшееся изъ огненной пасти: камни, загромоздившіе море, гора образовавшаяся вновь, и пепелъ, о которомъ вы знаете — все это вылетѣло оттуда, и все это было остаткомъ сгорѣвшаго матеріала. Если все это собрать, то получилась бы огромнѣйшая гора. Сегодня я говорилъ съ однимъ лицомъ, прибывшимъ изъ городка Эбели (Эболи?), который отстоитъ на 45 миль отъ мѣста, гдѣ вырвалося пламя; онъ разсказывалъ мнѣ, что и тамъ падалъ пепелъ; такимъ образомъ подземный огонь распространился

болѣе чѣмъ на 10 миль и выбросилъ вверхъ огромную массу земли, и если бы этого не было довольно,—онъ распространился бы и дальше. Богу угодно было пощадить Неаполь; возвращаясь вчера въ Поццуоли, мы видѣли двѣ новыхъ огненныхъ пасти почти у самаго Неаполя, въ разстояніи только трехъ миль отъ него. Ученѣйшіе люди вели между собою блестящіе споры о томъ, грозитъ ли опасность этому городу, и многіе думали, что она неизбѣжна. Были устроены процессіи, и чтобы потушить подземный огонь, люди вырыли колодцы между Неаполемъ и Поццуоли. Въ народѣ говорили, что ракеты, летѣвшія съ запада на востокъ, предвѣщаютъ войну съ турками. — Неаполь“.

Изъ этого письма видно, что Монте Нуово выдвинулась среди равнины и что изверженіе происходило не изъ стараго, раньше существовавшаго кратера, какъ это иногда предполагали. Выброшенныя вулканомъ массы засыпали часть морской бухты. Изверженію предшествовало незначительное поднятіе почвы.

Послѣднее обстоятельство неоднократно оспаривалось, но безъ всякихъ основаній, какъ это и доказалъ своими обстоятельными изслѣдованіями *Зюссъ*. Онъ обратилъ вниманіе на забытое извѣстіе *Марко Антоніо дельи Фальконі*. Въ этомъ рѣдкомъ документѣ мы находимъ хотя и грубый, но довольно вѣрный рисунокъ Монте Нуово во время изверженія и поднявшагося морскаго берега, жители котораго бѣжали; въ виду еще нѣкоторыхъ другихъ данныхъ нельзя сомнѣваться, что появленіе новаго вулкана, дѣйствительно, сопровождалось поднятіемъ почвы. Въ настоящее время къ этому старому извѣстію мы можемъ относиться съ очень большимъ довѣріемъ, такъ какъ такое несомнѣнное явленіе, какъ поднятіе берега у Пантелляріи наканунѣ подводнаго изверженія въ 1891 г., находится въ полномъ согласіи съ нимъ. Ниже, говоря о такъ называемыхъ материковыхъ поднятіяхъ, мы еще вернемся къ этому предмету; теперь же ограничимся замѣчаніемъ, что всѣ выводы общаго характера, основанные на этомъ фактѣ, лишены серьезныхъ основаній. Для подтвержденія ихъ ссылались также и на доказанное высокое положеніе морского уровня у храма Сераписа близъ Поццуоли передъ появленіемъ Монте Нуово. Фактъ, конечно, не подлежитъ сомнѣнію, но въ обоихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ мѣстнымъ явленіемъ, которое было вызвано напоромъ вулканической магмы.

Третьяго и шестого октября происходили слѣдующія изверженія Монте Нуово: до января изъ вершины выдѣлялся паръ, а затѣмъ вулканъ потухъ. Конусъ Монте Нуово, образовавшійся въ это время, обладаетъ высотою въ 139 м.; поперечникъ его кратера достигаетъ 370 м,, а глубина — 120 м.; такимъ образомъ дно кратера лежитъ только на 19 м. выше уровня моря. Гора состоитъ изъ вулканическаго пепла, песку и шлаковъ, перемѣшанныхъ съ обломками свѣтлыхъ туфовъ, на которыхъ покоится вулканъ. Видны также слѣды небольшого лавоваго потока.

Какъ думаетъ *Деекке* изъ того же матеріала образованъ и вулканъ Фосса Люпара; онъ состоитъ изъ двухъ колецъ и центральнаго конуса; вѣроятно, въ доисторическое время гора была мѣстомъ продолжительной вулканической дѣятельности.

Рядомъ съ Монте Нуово располагается *Аверпское озеро*. Это кратеръ, незначительно поднимающійся надъ уровнемъ моря и наполненный водою; вблизи его бьютъ горячіе ключи, и вырываются изъ земли сѣрные пары. Вообще такіе остатки вулканической дѣятельности очень распространены въ области Флегрейскихъ полей. Къ ихъ числу относится и такъ называемый *Собачій гротъ*, на днѣ котораго существуетъ мофетта, выдѣляющая углекислоту. Углекислота превосходитъ своимъ вѣ-

Рис. 169. *Островъ Св. Павла*, видъ съ западной стороны. (По Велену.)

Рис. 170. *Островъ Св. Павла*, видъ на вершину вулкана. (По Велену.)

сомъ атмосферный воздухъ; поэтому она не поднимается вверхъ, а слоемъ распространяется надъ землею; вслѣдствіе недостатка воздуха всякое теплокровное животное быстро погибаетъ въ пещерѣ. Впрочемъ, этотъ слой не такъ высокъ, чтобы могъ достичь головы стоящаго человѣка; но собака очень скоро погибаетъ здѣсь въ страшныхъ конвульсіяхъ.

Къ Флегрейскимъ полямъ примыкаютъ острова *Низида и Прочида*. Первый изъ нихъ представляетъ характерную форму кратера, повторяющуюся у большинства вулканическихъ острововъ: среди моря возвышается кольцо, обрушившееся съ одной стороны и обнаруживающее здѣсь зіяющее отверстіе; такъ какъ дно кратера лежитъ

Рис. 171. Туфовая скала въ заливѣ Лакко на Искіи.

ниже уровня моря, то вода врывается внутрь этого амфитеатра и образуетъ круглую бухту. Характерный примѣръ этого рода представляетъ вулканъ на о-вѣ св. Павла, изображенный на рисункахъ 169 и 170, подобно родственному ему острову Амстердаму, онъ одиноко выдвигается среди Индѣйскаго океана; оба эти острова лежатъ подъ 39° южной широты, прямо къ югу отъ южной оконечности полуострова Индостана.

Дальнѣйшимъ продолженіемъ Флегрейскихъ полей служитъ островъ *Искія*. И здѣсь изверженія происходили очень рѣдко, послѣ продолжительныхъ періодовъ покоя, и въ разныхъ мѣстахъ. Въ древнѣйшія времена Искія была гораздо обширнѣе. Значительная часть ея разрушилась, какъ это и доказываетъ туфовая скала, одиноко стоящая въ бухтѣ Лакко. Она представлена на рис. 171. Высочайшая гора острова *Монте Эпомео* достигаетъ 800 м. и представляетъ большой центральный вулканъ, кольцевой

кратеръ котораго съ одной стороны совершенно разрушенъ. Онъ, повидимому, очень давно прекратилъ свою дѣятельность; на склонахъ его образовались безчисленные побочные кратеры. У подножія одного изъ такихъ кратеровъ, Монте Ротаро, воздвигается въ свою очередь небольшой побочный конусъ Монте Таборъ; незначительный лавовый потокъ послѣдняго спускается прямо въ море. Послѣднее изверженіе происходило въ 1302 году изъ побочнаго конуса Кремате, лежащаго на склонахъ Эпомео, и выбросило огромный лавовый потокъ дель Арзо, который и въ настоящее время, 600 лѣтъ спустя послѣ своего появленія, лежитъ въ видѣ неровной и безплодной массы среди цвѣтущей окрестности. Сохранились извѣстія и о другихъ изверженіяхъ, происходившихъ въ 472 и 92 г. до Р. Х., упоминаются также многочисленныя изверженія въ періодъ времени отъ Тита до Діоклитіана. Фумаролы и горячіе ключи напоминаютъ еще и теперь о прежней дѣятельности. Сильныя землетрясенія, предвозвѣстники вулканическихъ явленій, тоже часто случаются на этомъ островѣ, и о послѣднемъ изъ нихъ свѣжи еще ужасныя воспоминанія.

Прочіе вулканы Италіи.

Въ окрестностяхъ Неаполя мы нашли рядъ любопытныхъ и типичныхъ представителей огнедышащихъ горъ. Теперь мы перейдемъ къ описанію остальныхъ итальянскихъ вулкановъ, которые, въ свою очередь, представляютъ много важныхъ и новыхъ для насъ особенностей.

Всѣ вулканы Аппенинскаго полуострова, изверженія которыхъ происходили послѣ тритечнаго періода, расположены по прямой линіи; исключеніе представляетъ всего лишь одинъ вулканъ. Линія эта тянется параллельно Аппенинамъ, вдоль берега Тирренскаго моря, съ сѣверо-запада на юго-востокъ. Съ сѣверной стороны крайнимъ членомъ ряда является Монте Аміата у Радикофани; она лежитъ на границѣ Тосканы съ церковною областью. Эта огромная гора выбрасывала ранѣе мощные потоки трахитовой лавы, но теперь кратеръ ея опредѣлить невозможно. Монте Аміата отмѣчаетъ собою сѣверную границу распространенія лавъ въ Италіи; къ сѣверо-востоку отъ нея замѣтны только слѣды вулканической дѣятельности; послѣдняя выражается здѣсь существованіемъ горячихъ ключей и сольфатаръ; они встрѣчаются у Вольтерры и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстахъ и пользуются большою извѣстностью, благодаря присутствію борной кислоты въ выдѣляемыхъ ими продуктахъ.

Къ юго-западу отъ Монте Аміаты располагается огромный кратеръ Больсенскаго озера, на кольцѣ котораго раскинулся городокъ Монтефьясконе; далѣе слѣдуютъ Чиминійскія горы съ нѣсколькими кратерами, озеро Браччьяно, также заполняющее древній кратеръ, и цѣлый рядъ небольшихъ вулкановъ, расположенныхъ къ сѣверу отъ Рима; вообще въ римской Кампаньи извѣстно очень много небольшихъ вулканическихъ конусовъ. Къ юго-западу отъ вѣчнаго города возвышаются извѣстнѣйшія среди всѣхъ потухшихъ вулкановъ Италіи *Альбанскія горы* (см. карту на рис. 172). Онѣ живописно выступаютъ среди окрестныхъ равнинъ и представляютъ одинъ огромный кратеръ; высота его, впрочемъ, незначительна, и склоны отлоги. Кольцо *Тускуланскихъ горъ* тянется на протяженіи 18 км.; начинаясь выше Фраскати, оно идетъ мимо Рокка Пріора къ Монте Черaза, затѣмъ поворачиваетъ къ Монте Весково и оканчивается горою Артемизіо у Лаго ди Неми. Этотъ длинный рядъ возвышенностей не

представляетъ полнаго кольца; съ западной стороны послѣднее, повидимому, обрушено; здѣсь лежатъ три небольшихъ кратера: два изъ нихъ наполнены водой и образуютъ озера Альбанское и Неми; третій, Ариччья, лишенъ воды. Въ серединѣ этого огромнаго кольца возвышается внутренній кратеръ; его можно сравнить съ Везувіемъ, который также располагается среди кольца Соммы; это центральное кольцо Альбан-

Рис. 172. Карта Альбанскихъ горъ.

скихъ горъ тоже открыто съ запада; внутри него располагается равнина, такъ называемый „Лагерь Ганнибала“; это дно древняго озера, лежащее на 190 м. ниже высочайшей точки Альбанскихъ горъ Монте Каво (954 метра).

Изъ Альбанскихъ горъ выливался въ Кампанью цѣлый рядъ значительныхъ потоковъ лавы; изъ нихъ наиболѣе извѣстны два огромныхъ потока, прошедшіе почти около самаго Рима. Выѣхавъ изъ города черезъ Порте Себастьяна и направившись по Аппіевой дорогѣ, путешественникъ черезъ полчаса достигаетъ знаменитаго памятника Цецилія Метелла и развалинъ крѣпости Гаэтани, башня которой долго служила однимъ изъ лучшихъ памятниковъ древности. Отсюда дорога нѣсколько поднимается вверхъ и приводитъ скоро на высокую равнину, на краю которой располагается

Рис. 173. Видъ на Этну съ моря; направо (къ сѣверу — горы, образованныя слоистыми породами (по Зюссу).

Рис. 174. Этна съ ея паразитными кратерами (по Сарторіусу фонъ Вальтерсгаузену).

терраса. Здѣсь лежитъ передній конецъ потока лейцитовой лавы, и дорога идетъ далѣе по его давно застывшей поверхности. Другой потокъ простирается до Аква Ачетоза и кончается въ 6 км. отъ Порта Паола. Оба потока направляются къ Альбанскимъ горамъ, встрѣчаются у Сальферата и далѣе исчезаютъ: потокъ прикрытъ здѣсь новѣйшими пепериновыми туфами, которые и не позволяютъ прослѣдить его до выхода изъ кратера.

Вулканическія образованія римской Кампаніи обязаны своимъ происхожденіемъ также и вулканамъ Херникскихъ горъ, расположенныхъ недалеко отъ Фрозиноны; здѣсь найдено восемь различныхъ точекъ, гдѣ происходили изверженія.

Вулканы и застывшія лавы, расположенныя между Больсенскимъ озеромъ и Херникскими горами, несмотря на ихъ большое число, не занимаютъ сколько-нибудь значительной площади. Наоборотъ, туфы, образовавшіеся изъ рыхлыхъ изверженныхъ продуктовъ, широко распространены; они представляютъ сплошной покровъ всей Кампаньи, прерываемый только въ относительно высокихъ мѣстахъ.

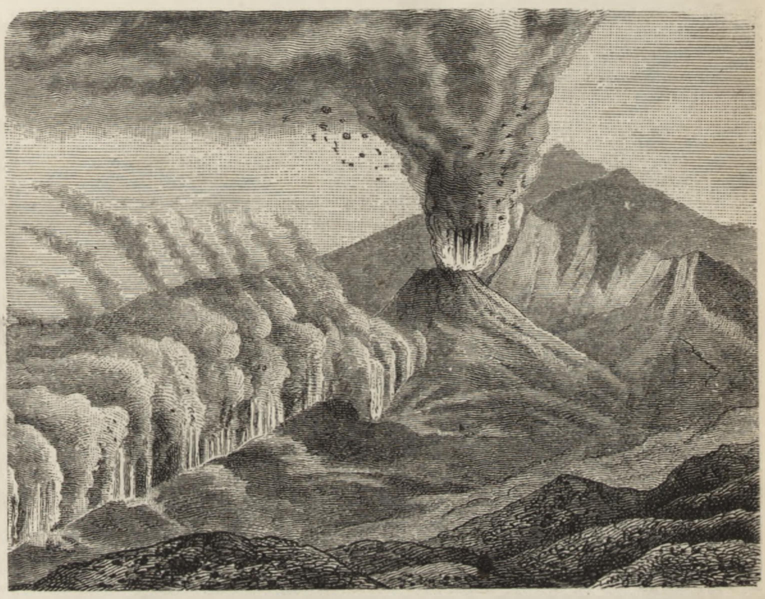


Рис. 175. Изверженіе паразитнаго кратера Этны (по Сарторіусу фонъ Вальтерсгаузену).

Къ югу отъ Херникскихъ горъ исчезаютъ всякіе слѣды вулканическихъ образованій, впрочемъ на небольшомъ разстояніи; далѣе, къ юго-востоку располагается Рокка Монфина, еще далѣе Флегрейскія поля и, наконецъ, Везувій, крайній членъ этого длиннаго ряда вулкановъ, дѣйствующій и въ настоящее время; здѣсь цѣпь вдругъ обрывается: ей преграждаютъ путь известковыя горы Сорренто, представляющія отроги Аппеннинъ; это—такъ называемая цѣпь Монте Сант'Анджело. Далѣе, до самой крайней оконечности Калабріи, не видно и слѣдовъ новѣйшихъ изверженій.

Какъ было упомянуто выше, этотъ длинный рядъ вулкановъ сопровождаетъ цѣпь Аппеннинъ и лежитъ внѣ ихъ области; онъ располагается вдоль крутыхъ обрывовъ юго-западной стороны ихъ; наоборотъ, по другую сторону хребта, тамъ, гдѣ онъ образуетъ отлогіе склоны, постепенно спускающіеся къ сѣверо-восточному берегу полуострова, вулканы отсутствуютъ. Замѣчено, что ряды вулкановъ и во многихъ другихъ мѣстахъ располагаются съ той стороны складчатыхъ горъ, которая падаетъ крутыми обрывами; значеніе этого факта мы выяснимъ ниже.

Единственнымъ исключеніемъ служитъ потухшій вулканъ Вультуръ у Мельфи, расположенный къ востоку отъ Везувія. Онъ лежитъ уже по другую сторону Аппениnъ. Впослѣдствіи мы выяснимъ геологическія особенности его положенія въ сравненіи съ остальными итальянскими вулканами: теперь же замѣтимъ, что Вультуръ достигаетъ огромныхъ размѣровъ, превосходитъ высотою Везувій (1329 м.) и обладаетъ большимъ круглымъ кратеромъ, въ серединѣ котораго располагаются два небольшихъ озера.

Рис. 176. Кратеръ въ 1804 и 1805 годахъ (по Сарторіусу фонъ Вальтерсгаузену).

Рис. 177. Кратеръ Этны въ 1805—1809 годахъ (поСарторіусуфонъ Вальтерсгазуену).

Совсѣмъ иную картину представляютъ вулканы итальянскихъ острововъ. На первомъ планѣ слѣдуетъ отмѣтить гигантскую Этну на островѣ Сициліи (3313 м.). Далѣе, между Сициліей и Тунисскимъ побережьемъ лежитъ Пантеллярія и исчезнувшій островъ Фердинандеа; къ сѣверу отъ Этны располагаются Липарскіе острова съ дѣйствующими вулканами, а еще сѣвернѣе Понтинскіе острова, лежащіе при входѣ въ заливъ Гаэта, къ западу отъ Флегрейскихъ полей.

Прежде всего остановимъ наше вниманіе на *Этнѣ*, которая является величайшимъ вулканомъ Европы и высочайшей горою Италіи (рис. 173—174). Выброшенные ею вулканическіе продукты занимаютъ огромное пространство въ 130 км. и со всѣхъ сторонъ окружены осадочными породами. Подобно Везувію, этотъ вулканъ дѣйствуетъ въ теченіи многихъ тысячелѣтій и испытываетъ только незначительныя перемѣщенія своей оси. Но каждому посѣтителю Этны рѣзко бросается въ глаза и ея отличіе отъ Везувія: главный дѣйствующій кратеръ ея въ послѣднее время вовсе не выдѣляетъ лавы и выбрасываетъ только пары, вулканическія бомбы и вулканическій пепелъ. Подступая къ вершинѣ горы, мощная масса лавы оказываетъ огромное давленіе на боковыя части; вслѣдствіе этого въ разныхъ мѣстахъ, иногда выше, иногда ниже, появляются трещины, по которымъ лава и выливается, не до-

стигая вершины. На мѣстѣ этихъ трещинъ образуются второстепенные или такъ называемые *паразитные* кратеры (см. рис. 175), которые сами по себѣ представляютъ иногда значительныя горы. Такъ, напр., кратеръ Монти Росси у Николози, выбрасывавшій лаву во время грознаго изверженія 1669 года, возвышается надъ окрестной мѣстностью на 250 м. Почти при каждомъ большомъ изверженіи образуются новыя бокки, и въ настоящее время вулканъ имѣетъ на своихъ склонахъ до 900 паразитныхъ кратеровъ (см. рис. 174).

Внизу склоны Этны отлоги, а вверху становятся нѣсколько круче; гора имѣетъ форму сильно срѣзаннаго конуса, который и представляетъ остатокъ древняго раз-

Рис. 178. Кратеръ Этны въ 1838 г. (по Сарторіусу фонъ Вальтерсгаузену).

рушившагося кратера типа Соммы; къ нему примыкаетъ плоская терраса Пьяно-дель-Лаго, на которой прежде помѣщался домъ, гдѣ могли отдыхать путешественники, такъ называемый „Casa inglese“. Внутренность кратера подвержена сильнымъ измѣненіямъ; рисунки 176, 177 и 178 представляютъ его въ различные моменты развитія въ началѣ нынѣшняго столѣтія.

Одну изъ замѣчательнѣйшихъ особенностей Этны представляетъ огромное ущелье Валль-дель-Бове, прорѣзывающее гору съ восточной ея стороны; угрюмыя скалы ограничиваютъ эту пустынную долину съ обѣихъ сторонъ, и только развѣ пастухи съ ихъ стадами заглядываютъ сюда. Вопросъ о происхожденіи этой долины является и въ настоящую минуту спорнымъ. Одни геологи предполагали, что Валль-дель-Бове — особый родъ кратера поднятія, другіе видѣли въ ней трещину, которая возникла во время одного изъ изверженій и была потомъ размыта водой; предлагалось, наконецъ, и много другихъ объясненій. Но наиболѣе вѣроятное рѣшеніе вопроса

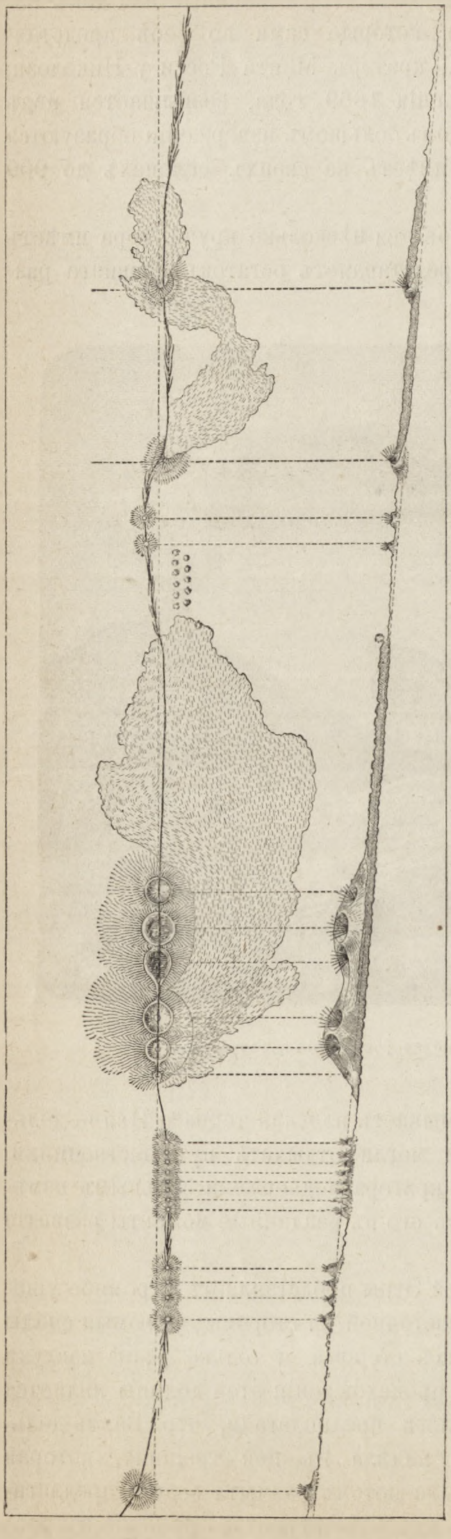


Рис. 179. Трещины изверженія на Этнѣ (по Сильвестри).

находимъ мы въ трудахъ *Сарторіуса фонъ-Вальтерсгаузена* и *Джеммелларо*, которые показали, что въ Валль-дель-Бове существуютъ слѣды древняго кратера. Древніе лавы и туфы распространяются отъ одной точки въ этой долинѣ, отъ такъ называемаго Трифольетто; здѣсь же сходятся и древнѣйшія лавовыя жилы. Наоборотъ, центромъ распространенія новѣйшихъ изверженныхъ массъ служитъ современный кратеръ. Отсюда слѣдуетъ предположить, что прежній кратеръ располагался надъ Трифольетто къ юго-востоку отъ современнаго. Во время одного изъ сильнѣйшихъ изверженій образовалась глубокая трещина на мѣстѣ нынѣшней Валль-дель-Бове; кратеръ передвинулся на сѣверо-западъ; трещина же, вслѣдствіе разрушенія прежняго кратера, расширилась и образовала долину.

Этна дѣйствуетъ съ незапамятныхъ временъ; сильныя изверженія происходятъ приблизительно черезъ каждыя десять лѣтъ и отдѣляются другъ отъ друга періодами почти полнаго покоя. Сильнѣйшее изъ извѣстныхъ намъ изверженій случилось въ 1669 году; оно сопровождалось образованіемъ Монти Росси у Николози и длилось три съ половиной мѣсяца. Вершина Этны обрушилась; на ея склонахъ появилась огромная трещина въ 18 км. длиною, изъ нижняго конца послѣдней вырвалась лава и образовала Монти Росси. Лавовый потокъ покрылъ площадь въ 50 кв. км., разрушилъ двѣнадцать мѣстечекъ и большую часть города Катаніи; онъ двигался еще и подъ водою на протяженіи нѣсколькихъ сотъ метровъ.

Подобную, но менѣе значительную трещину, образовавшуюся во время одного изъ изверженій, представляетъ рис. 179. Верхняя часть этого рисунка изображаетъ ее въ видѣ карты; трещина отмѣчена здѣсь черной

линіей; на ней располагается 23 паразитныхъ кратера, выливших 4 лавовыхъ потока; нижняя часть рисунка представляетъ ту же трещину въ профилѣ.

На южномъ склонѣ Этны, вблизи Николози, происходили также и оба послѣднихъ изверженія. Трещина, образовавшая въ 1886 году конусъ *Монте Джемелларо*, 8 іюля 1892 года значительно продолжилась къ сѣверу. Явленію этому предшествовало сотрясеніе почвы и усиленная дѣятельность главнаго кратера, который выбрасывалъ рыхлые продукты. Втеченіи слѣдующихъ трехъ дней въ сопровожденіи сильныхъ взрывовъ опредѣлилось три новыхъ кратера, а затѣмъ появился и четвертый. Изъ извергаемыхъ ими продуктовъ образовалось четыре паразитныхъ конуса. Лава выливалась главнымъ образомъ изъ нижней части трещины. На короткое время вулканъ понизилъ свою дѣятельность; въ августѣ она проявилась съ новою силой и выразилась образованіемъ двухъ новыхъ второстепенныхъ конусовъ. Въ нихъ главнымъ образомъ и сосредоточилась вулканическая дѣятельность; прежніе же конуса, названные „Монти Сильвестри“ въ честь покойнаго изслѣдователя Этны, почти совсѣмъ потухли, за исключеніемъ того, который образовался позже другихъ. Изверженіе происходило въ теченіи пяти мѣсяцевъ, т.-е. дольше, чѣмъ это обыкновенно бываетъ на Этнѣ.

Объ островѣ *Пантеллярія*, расположенномъ къ югу отъ Сициліи, придется сказать немного. На ней десять небольшихъ кратеровъ, которые въ историческое время не давали вовсе изверженій. Только нѣкоторые изъ нихъ находятся въ стадіи сольфатаръ. Но огромный интересъ представляютъ *подводныя изверженія* этой мѣстности. Между Пантелляріей и Сициліей располагается мель на томъ мѣстѣ, гдѣ прежде лотъ на глубинѣ ста саженей не достигалъ еще дна. Въ 1831 г. здѣсь произошло подводное изверженіе, которое выдвинуло новый островъ; онъ просуществовалъ лишь нѣсколько мѣсяцевъ и былъ разрушенъ морскими волнами. 28 іюня 1831 г. англійское судно, находившееся по 37°2′ сѣверной широты и 30°16′ восточной долготы отъ Ферро почувствовало сильный толчокъ, какъ будто наѣхало на мель. 8 іюля здѣсь же проѣзжала сицилійская бригантина, капитанъ которой замѣтилъ, что огромная масса воды вдругъ поднялась на 60 футовъ выше уровня моря и клубилась въ теченіи десяти минутъ; когда волненіе успокоилось, надъ моремъ со страшнымъ шумомъ появилось густое облако дыма. Явленіе повторялось черезъ каждыя 15—20 минутъ. 10 іюля, по сообщенію другого сицилійскаго капитана, поднялась масса воды въ 60 фут. высотою и 800 локтей въ обхватъ; изъ нея вырвался столбъ паровъ до 1800 ф. въ вышину. 12 іюля у Шьякки на берегу Сициліи были выброшены вулканическія массы и мертвыя рыбы, а 13 іюля надъ водою появился столбъ дыма, ярко свѣтившійся ночью. 18 августа упомянутый выше сицилійскій корабль проходилъ по тому же мѣсту и нашелъ здѣсь небольшой островъ, поднимающійся на 12 ф. надъ уровнемъ моря; въ серединѣ его находился кратеръ, выбрасывавшій рыхлые продукты и огромные клубы паровъ.

20 іюля этотъ островъ, получившій названіе острова *Фердинандеа* *), посѣтили четыре нѣмецкихъ геолога, — *Филиппи*, *Гоффманъ*, *Эшеръ фонъ-деръ-Линтъ* и *Шульцъ*. „Подойдя къ острову, они увидѣли, что это было кольцо кратера, который продолжалъ выбрасывать шлаки. Тихо поднимались вверхъ огромные шарообразные

---

*) Другія названія его: о-въ Юліи, о-въ Грэма (Graham), о-въ Хотамъ, (Hotham), о-въ Коррао, о-въ Нерита.

клубы паровъ, бѣлыхъ, какъ вата; они составляли столбъ въ 2000 футовъ высоты. Черезъ каждыя 2—3 минуты эту бѣлую массу прорѣзали черные шлаки, которые, подобно молніямъ, мелькали со страшною быстротою; вдругъ вырвалось такое огромное количество шлаковъ, что они образовали столбъ, достигавшій 600 ф. въ высоту и разсыпавшійся вверху въ видѣ снопа. Вылетавшіе изъ кратера камни были черны. только по временамъ вырывались яркія молніи, распространявшіяся во всѣ стороны. Это изверженіе не сопровождалось обычнымъ грохотомъ, слышался только шумъ сталкивающихся и обратно падающихъ въ кратеръ шлаковъ. Оно длилось непрерывно 8—10 минутъ. Въ это время островъ въ своей высшей восточной части поднимался на 60 ф. и обладалъ поперечникомъ въ 800 ф.“ (*Фуксъ*).

2 августа англичане завладѣли островомъ; послѣ этого онъ посѣщался много разъ. Въ моментъ своего наибольшаго развитія островъ достигалъ 2000 ф. въ окружности и 200 ф. въ высоту; онъ круто поднимался съ морскаго дна, и у самаго его берега глубина достигала 700 ф. Сѣверо-восточная часть кратера обрушилась; кратеръ наполнился водой, которая постоянно кипѣла. Сила изверженія стала ослабѣвать, и уже 12 августа съ берега Сициліи не было видно столба паровъ. Островъ состоялъ изъ рыхлыхъ вулканическихъ массъ, шлаковъ, вулканическаго песку, вулканическаго пепла и т. п.; только немногіе куски составляющихъ его породъ достигали одного фута въ поперечникѣ. Всѣ эти вулканическія породы располагались въ видѣ системы характерныхъ слоевъ: снаружи они падали по направленію къ морю, внутри кратера—по направленію къ боккѣ.

Эти рыхлыя массы не могли противостоять разрушительному дѣйствію морскихъ волнъ; уже въ концѣ октября кратеръ исчезъ, и островъ чуть-чуть приподнимался надъ поверхностью моря; только въ одномъ мѣстѣ возвышался незначительный холмъ изъ вулканическаго песку и шлаковъ. Къ концу года все исчезло. Существуетъ даже извѣстіе, что на мѣстѣ острова море достигало въ это время 24 саж. въ глубину. Цыфра эта врядъ ли справедлива: по крайней мѣрѣ въ концѣ 1833 года здѣсь существовала опасная мель, и дно, образованное вулканическими породами, было хорошо видно черезъ тонкій слой воды. Но и эта мель существовала недолго. Кончилась ли этимъ исторія внезапно явившагося и исчезнувшаго острова, или же это только начало грандіознаго вулканическаго процесса, который заключится образованіемъ постояннаго острова? Мы не можемъ отвѣтить на эти вопросы, но послѣднее кажется болѣе вѣроятнымъ: по крайней мѣрѣ, оромное число вулканическихъ острововъ разныхъ морей образовывалось при условіяхъ, подобныхъ появленію острова Фердинандеа.

Независимо отъ появленія острова Фердинандеа, у южнаго берега Сициліи случаются также подводныя изверженія: одно изъ нихъ происходило въ ночь съ 4 на 5 октября 1846 г. передъ Сикуліаной у Джирдженти, другое—18 іюня 1845 г. нѣсколько далѣе къ юго-воствку, подъ 36° 40′ 56″ сѣверной широты и 13° 44′ 36″ восточной долготы отъ Гринвича; наконецъ, одно изъ самыхъ любопытныхъ подводныхъ изверженій случилось 17 октября 1891 года въ 5 км. къ сѣверо-западу отъ Пантелляріи.

О всѣхъ этихъ изверженіяхъ мы имѣемъ немного извѣстій, да и то сомнительнаго характера. Тѣмъ болѣе цѣннымъ является описаніе одного изъ нихъ, сдѣланное такимъ знатокомъ дѣла, какъ профессоръ Рикко. Благодаря счастливой случайности, онъ былъ свидѣтелемъ замѣчательнаго подводнаго изверженія, по крайней мѣрѣ, въ его отдѣльныхъ фазахъ. Пробужденію вулканическихъ силъ предшествовало сильное зе-

млетрясеніе въ юго-восточной части острова въ ночь съ 24 на 26 мая 1890 г. Фумаролы увеличились числомъ и усилили свою дѣятельность. Температура въ старыхъ кратерахъ настолько повысилась, что роскошныя фиговыя деревья и виноградники, раскинувшіеся тамъ, погибли; появилось около сорока водоемовъ, и въ теченіе слѣдующихъ пятнадцати дней происходило незначительное поднятіе сѣверо-восточнаго берега.

Новое землетрясеніе случилось въ іюнѣ; оно, впрочемъ, не чувствовалось въ мѣстечкѣ Пантелларія, на сѣверо-западномъ концѣ острова, но тѣмъ сильнѣе было здѣсь землетрясеніе 14 октября 1891 г., длившееся десять дней. Удары были направлены снизу вверхъ и, только благодаря особенному способу прочной постройки домовъ, произвели незначительныя опустошенія. 14 октября при началѣ землетрясенія многіе ключи изсякли, а 17-го, когда началось подводное изверженіе, появились вновь. Вода на морѣ поднялась и выбрасывала огромные столбы дыма и паровъ, появленіе которыхъ сопровождалось продолжительными раскатами; землетрясеніе ослабѣло. На слѣдующій день площадь, охваченная землетрясеніямъ, достигла 830 м. въ сѣверо-восточномъ направленіи. На поверхности моря появились безчисленныя черныя вулканическія бомбы. Онѣ выдѣляли пары и съ страшнымъ шумомъ лопались, распространяя запахъ сѣры. Осколки ихъ взлетали на высоту 15 и 20 м., и вмѣстѣ съ ними поднимались столбы воды и пара. Бомбы падали обратно въ море, температура котораго повысилась на мѣстѣ изверженія на $1^1/_2{}^0$; нѣкоторыя бомбы тонули не разрываясь. Въ слѣдующую ночь облако паровъ было залито огненнымъ цвѣтомъ; сила же изверженія стала ослабѣвать, и 23 октября Рикко насчиталъ на поверхности моря около 500 вулканическихъ бомбъ. Температура морской воды болѣе не повышалась, и площадь, охваченная изверженіемъ, простиралась до 200 м. въ длину и 50 м. въ ширину. Продолжительные раскаты замѣнились отдѣльными глухими звуками; только лопающіяся бомбы распространяли шумъ, подобный шуму пальбы оружія во время битвы. Центръ изверженія во время этого постепеннаго утиханія вулканическаго взрыва лежалъ на сѣверо-восточномъ концѣ площади, охваченной изверженіемъ; раньше же главная дѣятельность была сосредоточена въ трехъ точкахъ, расположенныхъ значительно дальше къ западу. 26октября море было уже спокойно. Изверженіе окончилось.

Едва ли не самымъ поразительнымъ, хотя и не существеннымъ явленіемъ было всплываніе вулканическихъ бомбъ на поверхности моря. Температура внутри нихъ достигала, по крайней мѣрѣ, 415^0: цинковая проволока, воткнутая въ нихъ, тотчасъ же плавилась, а латунная не измѣняла своего твердаго состоянія. Эти вулканическія бомбы представляли сильно пористую массу, походили на пемзу и, благодаря находящемуся внутри нихъ воздуху, обладали незначительнымъ удѣльнымъ вѣсомъ (1,5), превышавшимъ, однако, удѣльный вѣсъ морской воды. Повидимому, ихъ выталкивали на поверхность не вулканическія силы, а давленіе заключающихся внутри паровъ. *Рикко* представляетъ процессъ слѣдующимъ образомъ: когда массы шлаковъ вылетали изъ кратера, то вода проникала въ расплавленную массу и приходила въ такъ называемое сфероидальное состояніе, т.-е., несмотря на высокую температуру, не обращалась въ паръ. Поднимаясь вверхъ, вулканическія бомбы охлаждались, находящаяся внутри нихъ вода переходила въ парообразное состояніе и сообщала бомбамъ новый толчокъ. Пока гидростатическое давленіе было болѣе или менѣе значительнымъ, бомбы не могли лопнуть, но на поверхности, вслѣдствіе внезапнаго ослабленія давленія, происходили сильные взрывы.

Передъ изверженіемъ глубина въ этомъ мѣстѣ достигала 160 м.; послѣ изверженія измѣренія, произведенныя, къ сожалѣнію, при помощи несовершенныхъ приборовъ, показали, что она возросла до 320 м. Отсюда слѣдовало бы предположить, что исчезнувшія на днѣ твердыя массы были взброшены изверженіемъ; но такое предположеніе мало вѣроятно: количество обломковъ и главнымъ образомъ пемзы указываетъ, что взрывъ вулканической дѣятельности не принадлежитъ къ числу сильныхъ, а въ такихъ случаяхъ, какъ мы знаемъ, расширенія и углубленія кратера не происходитъ. Всего вѣроятнѣе, что измѣренія были невѣрны.

Гораздо любопытнѣе и важнѣе явленія, происходившія на островѣ Пантелляріи до изверженія. Часть сѣверо-восточнаго берега на протяженіи 10 км. между Пунта Карушья и Пунта Трачино, нѣсколько приподнявшаяся во время изверженія 1890 г., поднялась и теперь; она лежала на 0,8 м. выше первоначальнаго уровня. Это случилось въ ночь съ 14 на 15 октября. Надъ поверхностью моря появились двѣ бѣлыхъ полосы, образованныхъ организмами, живущими у береговъ, — морскими червями (серпулами), морскими желудями, ракушниками (Mytilus), морскими блюдечками (Patella) и т. п. Онѣ были обильно усыпаны вулканическими породами. Скалы прежде покрытыя водой, выдвинулись надъ моремъ. Все это ясно указывало на происшедшее поднятіе. Южнѣе мыса Карущья явилась трещина, тянущаяся въ подводныхъ скалахъ на протяженіи 300 м. и удаленная отъ приподнявшагося берега на 82—45 м. Другая трещина прошла около вулканическаго озера, которое служило для купаній; фумаролы повысили дѣятельность. Около трещинъ и вдоль берега землетрясеніе ощущалось сильнѣе, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ острова.

Описанное явленіе представляетъ ясный и неоспоримый примѣръ поднятія, произведеннаго вулканическими силами. Мы не знаемъ, на какой глубинѣ происходило изверженіе, и лишены поэтому возможности выразить въ цыфрахъ ту огромную работу, которая была при этомъ совершена.

Область, охваченная описаннымъ выше подводнымъ изверженіемъ, направлена къ сѣверо-востоку; она совпадаетъ съ главной вулканическою трещиной, идущей черезъ острова Пантеллярія и Фердинандеа и черезъ Шьякку въ Сициліи. Выше мы видѣли, что во время изверженія центръ послѣдняго перемѣстился по направленію къ сѣверо-востоку. Вулканы острова Пантелляріи, раскинувшагося съ юго-востока на сѣверо-западъ, лежатъ на поперечной трещинѣ, и явленія 1890 года, — землетрясенія на юго-восточномъ концѣ острова, повышеніе температуры въ древнихъ кратерахъ и поднятіе берега параллельно послѣдней трещинѣ, — несомнѣнно указываютъ, что вулканическая магма стремилась открыть пути, по которымъ она изливалась въ прежнее время вдоль поперечной трещины. Въ первый моментъ вулканическія силы не проявили себя ничѣмъ на поверхности, но въ слѣдующемъ уже году онѣ обнаружили дѣйствіе: центръ изверженія перемѣстился къ сѣверо-западу и берегъ поднялся снова; вслѣдствіе этого перемѣщенія центра и произошло вулканическое землетрясеніе на сѣверо-западномъ концѣ острова и подводное изверженіе на томъ мѣстѣ, гдѣ пересѣкаются обѣ трещины.

Извѣстно много островов, которые образовались на глазахъ человѣка дѣйствіемъ вулканическихъ силъ; отчасти они сохранились, отчасти были разрушены морскими волнами. Не говоря о тѣхъ любопытныхъ явленіяхъ, которыя происходили среди Липарскихъ островов, въ группѣ Санторина (въ Греческомъ архипелагѣ) и у Японскихъ островов и о которыхъ рѣчь будетъ ниже, мы упомянемъ здѣсь о но-

выхъ образованіяхъ въ 1638, 1720, 1757 и 1811 гг. въ группѣ *Азорскихъ* острововъ. Всѣ они скоро были разрушены. То же самое наблюдалось и у береговъ *Исландіи.* У юго-западной оконечности этого острова, у мыса Рейкьянеса находится дѣйствующій подводный вулканъ; извѣстно до 13-ти изверженій послѣдняго. Образованные имъ въ 1240 г. острова скоро опять исчезли, а болѣе значительный островъ съ нѣсколькими горами, явившійся въ 1783 году, просуществовалъ не болѣе года.

Любопытна судьба острова *Іоанна Богослова*, появившагося въ 1796 г., подъ 53°58′ с. ш. и 168°5′ зап. д. въ 45 верстахъ къ западу отъ Уналашки въ цѣпи Алеутскихъ острововъ. Въ первыхъ числахъ мая 1796 г. недалеко отъ острова Умнака появился огромный столбъ дыма; на окрестныхъ островахъ произошло землетрясеніе, и слышался подземный шумъ; постепенно образовался небольшой вулканъ, выбрасывавшій шлаки. Въ теченіи мѣсяца онъ все увеличивался. Послѣ этого сила изверженія стала ослабѣвать, но дымъ и камни выбрасывались, по прежнему и островъ продолжалъ расти. Черезъ восемь лѣтъ почва его была такъ горяча, что нельзя было пристать къ берегу *). Изверженія продолжались, и новый островъ, названный островомъ *Іоанна Богослова*, достигалъ въ 1806 г. $2^1/_2$ миль въ окружности и 300 ф. въ высоту, а въ 1819 году — 4 геогр. миль въ окружности и 2000 футовъ въ высоту; около 1823 г. изверженіе стало ослабѣвать, и размѣры острова уменьшаться: въ 1832 г. онъ достигалъ только двухъ миль въ окружности. Разрушеніе острова продолжалось; въ сентябрѣ и октябрѣ 1883 г., во время изверженія Алеутскаго острова Августина произошли также изверженія недалеко отъ острова Іоанна Богослова, слѣдствіемъ которыхъ было появленіе новаго болѣе значительнаго острова, названнаго о. *Гревинка*, въ честь бывшаго проф. Дерптскаго (нынѣ Юрьевскаго) университета. Въ августѣ 1884 г. этотъ островъ достигалъ 120 м. въ высоту и соединялся съ островомъ Іоанна Богослова узкимъ низменнымъ перешейкомъ. Высота острова Іоанна Богослова, не смотря на происходившее разрушеніе, оставалась прежней и достигала 300 футовъ. Въ февралѣ 1890 г. произошли новыя изверженія около этого острова, и недалеко отъ него появилось три островка, достигавшихъ приблизительно 300 м. въ высоту.

---

*) Островъ *Іоанна Богослова*, появившійся въ районѣ прежнихъ владѣній Россіи, вводитъ насъ въ область распространенія русскихъ вулкановъ. Вотъ какъ описываетъ его появленіе *Лангсдорфъ*, посѣтившій Алеутскіе острова въ августѣ 1806 г. (сокращено):

„Подъ 54° с. ш. и 268° з. д. отъ Гринвича, почти въ 45 верстахъ отъ остр. Уналашки, находилась скала, одиноко выдвигавшаяся среди моря. Съ давнихъ временъ алеуты смотрѣли на нее, какъ на главное убѣжище морскихъ собакъ и морскихъ львовъ, и посѣщали ее иногда одинъ, а иногда и нѣсколько разъ въ годъ, разсчитывая на вѣрную и прибыльную охоту. Въ 1795 г. по сосѣдству съ этою скалою островитяне замѣтили туманъ, который упорно держался даже въ то время, когда остальной горизонтъ былъ совершенно чистъ. Явленіе это обезпокоило жителей Уналашки и сосѣдняго острова Умнака, которые лишались теперь главнаго источника ихъ пропитанія. Послѣ нѣсколькихъ лѣтъ напраснаго ожиданія самый храбрый изъ алеутовъ рѣшился проникнуть сквозь туманъ на знакомую скалу. Онъ скоро вернулся оттуда и съ ужасомъ сообщилъ, что море кипитъ около скалы и что туманъ смѣшанъ съ пламенемъ. Никто болѣе не отваживался пускаться на это мѣсто; его считали теперь обиталищемъ злыхъ духовъ. Только въ 1800 г. горизонтъ очистился, и алеуты, къ величайшему своему изумленію, увидѣли на мѣстѣ скалы островъ, не существовавшій прежде: онъ возвышался въ видѣ пика и извергалъ огонь и дымъ.

„Почти каждый мѣсяцъ Уналашка испытывала сильныя сотрясенія земли, продолжавшіяся до 1802 года. Въ этомъ году случилось страшное землетрясеніе, разрушившее много хижинъ жителей. Съ этого времени пикъ новаго острова потухъ, но Уналашкинскій вулканъ имѣлъ очень сильное изверженіе въ первый разъ послѣ многихъ лѣтъ покоя. Этотъ вул-

Къ сѣверу отъ *Новой Зеландіи* также извѣстны вулканическія новообразованія. Въ 1825 году здѣсь появился одинъ островъ, а въ 1885 — другой; о послѣднемъ о. *Фалькенъ* (Соколиный) мы будемъ говорить еще ниже.

Пользуясь случаемъ, сдѣлаемъ здѣсь нѣсколько замѣчаній о подводныхъ вулканахъ, расположенныхъ вдали отъ материковъ и вулканическихъ острововъ. Существуютъ ли вообще вулканы на значительныхъ глубинахъ, какъ они распредѣлены и какъ дѣйствуютъ, — все это важные вопросы, но для рѣшенія ихъ мы имѣемъ весьма мало данныхъ. Одно время предполагался такой вулканъ на Атлантическомъ океанѣ подъ 20 — 22^0 западной долготы, на $^1/_2{}^0$ южнѣе экватора но, какъ показалъ *Рудольфъ*, предположеніе было ошибочнымъ. Опредѣленныя свѣдѣнія имѣются только относительно тѣхъ изверженій, которыя происходили около скалистаго острова св. Павла, отдѣленныхъ глубокимъ моремъ отъ мнимаго вулкана (см. карту землетрясеній). Путемъ точнаго изученія многочисленныхъ сообщеній мореплавателей Рудольфу удалось показать, что среди океана, дѣйствительно, происходятъ подводныя изверженія; они сопровождаются иногда вскипаніемъ воды, повышеніемъ ея температуры и выбрасываніемъ водяныхъ столбовъ. Во всѣхъ же случаяхъ наблюдается сильное волненіе, простирающееся до отдаленныхъ береговъ. Проявленіе подводной вулканической дѣятельности стоитъ внѣ всякой зависимости отъ сосѣднихъ материковъ. Мы не имѣемъ никакихъ данныхъ для того, чтобы судить о томъ, какъ протекаетъ явленіе на глубинѣ, и какое количество матерьяла тамъ выбрасывается; но огромныя массы изверженныхъ продуктовъ, находимыхъ на морскомъ днѣ, заставляютъ предположить, что часть ихъ выброшена подводными вулканами.

Вернемся къ главному предмету этой главы, къ итальянскимъ вулканамъ. Къ сѣверу отъ Сициліи лежатъ замѣчательные во многихъ отношеніяхъ *Липарскіе* острова. Семь болѣе значительныхъ острововъ расположены по направленію трехъ линій въ видѣ лучей, расходящихся изъ центра группы; линія, направленная на западъ, состоитъ изъ острововъ Салина, Феликуди и Аликуди; къ югу располагаются о-ва Липари, Волкано и Волканелло; продолженіемъ этой линіи служитъ фумарола, находящаяся на мысѣ Калава въ Сициліи; Панарія, Стромболи и Стромболуццо

канъ чередовался также изверженіями съ вулканомъ острова Умнака, который съ давнихъ временъ считался погасшимъ.

„Въ апрѣлѣ мѣсяцѣ 1806 года, нѣкоторые изъ обитателей Уналашки посѣтили вновь образовавшійся островъ и разсказали мнѣ слѣдующее: они обошли весь островъ въ теченіи 6-ти часовъ. По ихъ счету онъ имѣетъ верстъ 30 въ окружности; опредѣлить высоту пика они не могли, однако же думаютъ, что ежели бы существовала возможность взойти на него по прямой линіи, то, чтобы достигнуть вершины, потребовалось бы 5 или 6 часовъ. Съ сѣверной стороны вулканъ продолжалъ еще горѣть, и лава (липкое вещество, какъ они выражались) стекала съ вершины до самаго моря. Вслѣдствіе сильнаго жара, было невозможно туда проникнуть; Алеуты пристали къ южному краю острова, гдѣ берегъ былъ менѣе крутъ и болѣе остылъ. Они пытались взобраться на вершину пика; трещины въ землѣ и острыя крутыя скалы, нагроможденныя массами, дѣлали путь чрезвычайно затруднительнымъ; послѣ долгихъ блужданій они достигли немного менѣе половины высоты пика; идти далѣе имъ казалось уже опаснымъ: почва становилась все горячѣе, трещины увеличивались и извергали горячіе пары. Остановясь тутъ, алеуты положили въ одну изъ расщелинъ принесенное съ собою мясо морского льва; оно очень скоро изжарилось, такъ что имъ уже не было надобности разводить для этого огонь. Недостатокъ воды и сильная жажда принудили алеутовъ возвратиться назадъ. Никому изъ нихъ не пришла мысль захватить съ собою какихъ-нибудь камней съ этого острова; самородной же сѣры, которую они искали и которую они употребляютъ для разведенія огня, найдено не было. Прочіе камни, говорили алеуты, были такіе же, какъ и на Уналашкѣ“ *Прим. перев.*

составляютъ третью линію, направленную на сѣверо-востокъ. Мы неоднократно уже указывали, что вулканы, расположенные рядами, стоятъ, по всей вѣроятности, въ связи съ трещинами, простирающимися глубоко въ землю; въ данномъ случаѣ можно предположить, что такія трещины расходятся въ различныхъ направленіяхъ отъ центра Липарскихъ острововъ.

Важнѣйшимъ членомъ этой группы является *Стромболи.* Этотъ непрерывно дѣйствующій вулканъ обнаруживаетъ много своеобразныхъ особенностей, съ которыми не имѣли еще случая познакомиться. На основаніи тѣхъ свѣдѣній, которыя дошли до насъ со временъ глубокой древности, приходится заключить, что гора не измѣняла своего характера, можетъ быть, даже въ теченіи 3000 лѣтъ; она находится въ непрерывной періодической дѣятельности, но не производитъ сильныхъ изверженій. Правильный конусъ этого вулкана, одѣтый легкими клубами дыма, извѣстенъ всякому кто проѣзжалъ изъ Неаполя въ Палермо или Мессину. Гора достигаетъ 900 м. въ высоту (имѣющіяся цыфры колеблятся между 853 и 979 м.); кратеръ расположенъ приблизительно на 300 м. ниже вершины; въ теченіи долгаго времени черное шлаковое дно его лежало на 100 м. ниже его краевъ, и только въ 1889 г. впервые произошло измѣненіе, о которомъ мы скажемъ дальше. Вулканическая дѣятельность обнаруживается при посредствѣ особыхъ отверстій въ днѣ кратера, такъ называемыхъ боккъ; число и расположеніе послѣднихъ измѣняется: иногда существуетъ одна бокка, иногда даже 6 — 7. Изъ однихъ вырывается паръ со свистомъ и шипѣніемъ, которые напоминаютъ шумъ движущагося локомотива; изъ другихъ выливается расплавленная лава, обыкновенно на дно кратера. Но всего замѣчательнѣе отверстія, выдѣляющія полужидкую тягучую лаву. Отъ времени до времени поверхность ихъ вздувается и, разорвавшись, выбрасываетъ огромныя количества паровъ. Пары увлекаютъ за собою раскаленные комки лавы и куски шлаковъ и подбрасываютъ ихъ вверхъ на нѣсколько сотъ футовъ. Когда это изверженіе прекратится, въ боккѣ снова начинаютъ собираться пары, вспучиваютъ лаву и разрываютъ ее, а сами взлетаютъ вверхъ. Такимъ образомъ дѣятельность вулкана носитъ ритмическій характеръ, хотя и не въ такой степени правильный, какъ думали прежде. Взрывы происходятъ черезъ промежутки, приблизительно отъ 1 до 20 минутъ.

Большинство вулканическихъ бомбъ падаетъ обратно въ кратеръ. Можно безопасно стоять на его краю и наблюдать за всѣми измѣненіями вулканической дѣятельности. Ночью это явленіе, наблюдаемое издали, представляетъ восхитительное зрѣлище; при каждомъ взрывѣ выступаетъ пылающая лава и озаряетъ облако паровъ ярко-краснымъ пламенемъ; зарево постепенно блѣднѣетъ, но черезъ нѣсколько минутъ снова достигаетъ прежней яркости. Это чудное явленіе, видимое со всѣхъ сторонъ на протяженіи ста англійскихъ миль, сообщило Стромболи своеобразное названіе „маяка Средиземнаго моря“.

Равновѣсіе вулканической дѣятельности Стромболи, существующее въ теченіи цѣлыхъ тысячелѣтій и выражающееся рядомъ ритмическихъ взрывовъ,—чрезвычайно интересное явленіе. Мы привыкли обыкновенно связывать съ вулканами представленіе о правильныхъ грозныхъ изверженіяхъ, совершенно противуположныхъ этому многовѣковому равновѣсію. Дѣятеляность Стромболи до такой степени урегулирована, что уже ничтожныя измѣненія давленія вызываютъ замѣтныя измѣненія ея: взрывы вулкана находятся въ тѣсной связи съ высотою барометра. Окрестнымъ жителямъ извѣстно, что во время сирокко они усиливаются и учащаются, а передъ бурями и

непогодой увеличивается количество выбрасываемаго дыма. Эти признаки, подтвержденные многовѣковымъ опытомъ, служатъ руководствомъ для моряковъ. Любопытно, что древнія греческія сказанія, по крайней мѣрѣ въ томъ видѣ, какъ они сохранились въ Одиссеѣ, считаютъ это мѣсто обиталищемъ Эола, бога вѣтровъ:

„ . Былъ онъ
Ихъ господиномъ по волѣ Кроніона Дія и всѣхъ ихъ
Могъ возбуждать, иль обуздывать, какъ приходило желанье.
(*Одиссея*, переводъ *В. Жуковскаго*, пѣснь X, ст. 20—22).

Слѣдовательно уже во времена сѣдой классической древности вулканическая дѣятельность „Эолова острова“ стояла въ извѣстной связи съ движеніями вѣтровъ и измѣненіями погоды и уже тогда періодическіе взрывы Стромболи находились въ зависимости отъ метеорологическихъ явленій. Причина этой связи заключается въ слѣдующемъ: при сильномъ атмосферическомъ давленіи, предвозвѣстникѣ хорошей погоды, пары должны преодолѣвать большее внѣшнее сопротивленіе; и потому при низкомъ положеніи барометра взрывы происходятъ чаще.

На землѣ извѣстно немного вулкановъ, находящихся въ состояніи непрерывной дѣятельности, а такихъ, которые обнаруживали бы правильность взрывовъ, какъ у Стромболи, не найдется и вовсе. Можно указать на вулканъ Асамаяма въ Японіи, который послѣ сильнаго изверженія въ 1783 дѣйствуетъ непрерывно. Далѣе слѣдуетъ упомянуть вулканъ Сіоа на Молуккскихъ островахъ, Тофуа на островахъ Дружбы и Масайа въ Никарагуа. Но едва ли не самымъ знаменитымъ вулканомъ этого рода является огромный Сангай въ Экуадорѣ, достигающій 5223 м. въ высоту и упоминаемый *Александромъ Гумбольдтомъ* въ его „Космосѣ“. Въ 1849 г. на эту громадную гору, расположенную въ мало-доступной мѣстности, поднимался *Себастьянъ Виссе*; въ теченіи часа онъ наблюдалъ 267 взрывовъ, при которыхъ вулканъ выбрасывалъ дымъ, пепелъ, лапилли и большіе камни; впрочемъ, въ послѣднее время строгая послѣдовательность взрывовъ нарушилась, и они происходятъ теперь черезъ промежутки въ нѣсколько часовъ.

Въ послѣднее десятилѣтіе нѣчто подобное случилось и со Стромболи. Въ ноябрѣ 1882 года въ области этого спокойно дѣйствующаго вулкана произошли землетрясенія и слышался подземный гулъ, неизвѣстной до тѣхъ поръ силы. На стѣнѣ горы, называемой „Шьярра“, образовалось на 100 м. ниже кратера пять боковыхъ боккъ; съ страшной силой выбрасывали онѣ камни и пепелъ. Въ декабрѣ новыя бокки закрылись, и прежній кратеръ началъ свою обычную дѣятельность. Въ октябрѣ 1888 г. и въ теченіи всего слѣдующаго года дѣятельность Стромболи усилилась; это тѣмъ болѣе привлекло всеобщее вниманіе, что въ то же время происходили изверженія на островѣ Волкано. Продолжительный гулъ и сотрясенія сопровождались образованіемъ новыхъ побочныхъ конусовъ; вылилась даже базальтовая лава, чего до тѣхъ поръ не бывало на Стромболи. Впрочемъ, по свидѣтельству *Меркали*, существуетъ нѣсколько древнихъ лавовыхъ потоковъ этого вулкана. Этотъ же изслѣдователь доказалъ, что никакой внутренней связи между усиленіемъ дѣятельности Стромболи и одновременно происходящими изверженіями Волкано не существуетъ.

Къ югу отъ Стромболи лежитъ о-въ *Панарія*; онъ окруженъ рядомъ маленькихъ островковъ—Базилуццо, Даттило и др., которые обыкновенно разсматриваются, какъ остатки большаго центральнаго вулкана. Въ настоящее время эти островки представляютъ собою подводную сольфатару.

Самый большой островъ всей группы *Липари* не проявляетъ нынѣ вулканической дѣятельности. Его древнія огнедышащія горы считаются потухшими; конуса ихъ расположены безъ всякаго порядка и прекрасно сохранились. Только обиліе горячихъ ключей, содержащихъ сѣроводородъ, является остаткомъ прежней вулканической дѣятельности. Особенное вниманіе обращаетъ широкое развитіе здѣсь богатыхъ кремнекислотою трахитовыхъ лавъ. Эту группу горныхъ породъ Ротъ и назвалъ липаритами. На ряду съ мощными потоками стекловатаго обсидіана на Липари встрѣчаются и зернистые трахиты. Особенно огромнаго развитія достигаетъ здѣсь пемза. Эта стекловатая, но сильно пористая порода, напоминающая губку или густую пѣну, пронизана многочисленными пустотами и обладаетъ сѣрымъ, гораздо рѣже чернымъ цвѣтомъ. Пемза европейскихъ, а равно и большинства остальныхъ вулкановъ представляетъ богатое кремнекислотою вулканическое стекло. На островахъ же южныхъ морей *Когенъ* наблюдалъ и богатыя кремнекислотою пузыристыя стекла, такъ называемыя базальтовыя пемзы.

Благодаря многочисленнымъ воздушнымъ пустотамъ пемза плаваетъ на водѣ, но впрочемъ, до тѣхъ поръ, пока не будетъ вытѣсненъ весь воздухъ. Не удивительно, что этотъ вулканическій продуктъ уносится морскими теченіями и вѣтромъ далеко отъ мѣста своего образованія и отлагается въ отдаленныхъ мѣстностяхъ. Послѣ большого изверженія вулкана Конзегвина въ Никарагуа, корабль Конуэ натолкнулся подъ 7°26′ с. ш. и 104°45′ зап. долг. отъ Гринвича на огромныя массы плавающей пемзы; на разстояніи 1100 англійскихъ миль отъ мѣста изверженія корабль встрѣтилъ широкую полосу пемзы, покрывавшую море на протяженіи 40 миль. Эта замѣчательная порода, находимая главнымъ образомъ среди рыхлыхъ продуктовъ многихъ вулкановъ, рѣже въ лавовыхъ потокахъ, встрѣчается на Липари въ огромномъ количествѣ и принимаетъ видное участіе въ строеніи острова. Почти вся та пемза, которая обращается въ европейской торговлѣ, выброшена изверженіемъ около мыса Бьянко на Липари.

Подобно Стромболи, Волкано не прекратилъ еще дѣятельности, но изверженія его происходятъ очень рѣдко. Насколько извѣстно, они начались съ 475 года до Р. Х. Сравнительно сильныя изверженія, сопровождающіяся выдѣленіемъ лавы, отдѣлены долгими промежутками умѣренной дѣятельности, выражающейся выдѣленіемъ пепла. Послѣднее большое изверженіе относится къ 1771 г. Въ это время выдѣлился съ сѣверной стороны конуса обсидіановый потокъ Пьетрекотте. Послѣ этого вулканъ вступилъ въ тотъ періодъ дѣятельности, который свойственъ сольфатарамъ, и только изрѣдка выбрасываетъ пепелъ. Выдѣляемые имъ газы главнымъ образомъ состоятъ изъ водяныхъ паровъ, соляной кислоты и сѣроводорода, къ которымъ примѣшанъ хлористый аммоній (нашатырь), борная кислота и, вѣроятно, нѣкоторые другіе газы, каковы азотъ и углекислота. Полезныя вещества, выдѣляемыя фумаролами, добываются чрезвычайно простымъ способомъ; отверстіе фумаролы засыпаютъ рыхлыми породами, пепломъ и т. п.; газы, проходя черезъ нихъ, выдѣляютъ кристаллы квасцовъ, сѣры, нашатыря и борной кислоты. Спустя нѣсколько времени массы, закрывающія отверстіе, собираются и доставляются на фабрики для переработки.

Въ 1873 году произошло изверженіе камней и пепла, длившееся 44 дня; съ тѣхъ поръ вулканъ вышелъ изъ своего спокойнаго состоянія. Изверженія слѣдовали все чаще, и промышленность, ютившаяся внутри кратера, должна была ограничиться теперь наружными склонами. Еще болѣе усиленная дѣятельность горы проявилась въ

промежутокъ времени съ 3-го августа 1888 года до 22 марта 1890 года, т.-е. въ теченіи года и восьми мѣсяцевъ. Она прерывалась только короткими паузами отъ 5 до 30 и даже 40 минутъ. Въ зимніе мѣсяцы число изверженій увеличилось, что должно быть приписано меньшему давленію атмосферы въ это время года. Изверженія сопровождались глухимъ гуломъ различной силы, но безъ замѣтныхъ землетрясеній, и сильными электрическими разрядами въ кратерѣ; иногда происходили выдѣленія огромныхъ массъ пара, перемѣшаннаго съ пепломъ, лапилли и огромными вулканическими бомбами. Послѣднія состояли изъ пористой центральной массы и стекловатой, покрытой трещинами коры. Повидимому, онѣ выходили изъ глубокихъ частей кратера въ полузастывшемъ состояніи и покрылись своеобразными трещинами вслѣдствіе расширенія находящихся внутри нихъ газовъ и паровъ. Внутри многихъ бомбъ были включены куски древней лавы. Свѣжая лава не выливалась во время изверженія. Послѣ 22-го марта 1890 года вулканъ снова вступилъ въ обычную для него стадію сольфатары.

Большаго вниманія заслуживаютъ явленія, сопровождающія это изверженіе. На островѣ Липари, въ мѣстностяхъ Пьяно Грекко и Баньо Секко появились новыя фумаролы, а не далеко отъ берега острова Салины, въ мѣстности Сконкассо, которая считалась въ народѣ мѣстомъ подводныхъ изверженій, были замѣтны сильныя выдѣленія газовъ. Цѣлый рядъ фактовъ далекаго прошлаго указывалъ на существованіе подводныхъ изверженій около Волкано. Существующій теперь полуостровъ *Волканелло* съ тремя небольшими кратерами появился въ 183 году до Р. Х. при подводномъ изверженіи; онъ былъ сначала самостоятельнымъ островкомъ и только впослѣдствіи, — по имѣющимся сообщеніямъ — въ 1570 г., — соединился съ Волкано. Но этимъ явленія не ограничились. 29 ноября 1888 года вблизи Волкано море сильно взволновалось и выбросило пемзу. Въ этомъ же мѣстѣ, нѣсколькими днями раньше, былъ разорванъ подводный телеграфный кабель; во время изверженія 13 марта и 11 сентября 1889 г. въ той же мѣстности кабель былъ поврежденъ два раза.

Измѣненія, испытанныя вулканомъ во время изверженія, ограничились заполненіемъ кратера, дно котораго прежде лежало на 130 м. ниже самой низкой и на 246 м. ниже самой высокой части кольца. Но доисторическія изверженія, насколько позволяетъ судить строеніе самого острова, — производили, повидимому, чрезвычайно большія измѣненія. Подобно Везувію, кратеръ окруженъ широкимъ полукруглымъ валомъ въ родѣ Соммы; но онъ располагается не въ центрѣ этого вала, а передвинутъ нѣсколько кнаружи, въ ту сторону, гдѣ кольцо прерывается. Юго-восточная часть острова представляетъ подобный же вулканическій валъ, срѣзанный упомянутымъ выше кольцомъ. Такое строеніе получилось вслѣдствіе перемѣщенія центра изверженія вдоль главноѣ трещины. Существованіе двухъ небольшихъ кратеровъ на сѣверной сторонѣ современнаго конуса вулкана и положеніе кратера Волканелло также указываютъ на перемѣщеніе центра изверженія по направленію къ сѣверу; впрочемъ, послѣднее отрицается такимъ выдающимся знатокомъ разсматриваемой группы острововъ, какъ проф. *Меркалли.*

Другая группа итальянскихъ вулканическихъ острововъ, расположена къ западу отъ залива Гаэта; это—*Понтинскіе* острова: Понца, Вентотене, Пальмарола, Цанноне и Санъ-Стефано; всѣ они были изслѣдованы *Скропомъ*, а въ послѣднее время *Дёльтеромъ.* Въ противуположность описаннымъ до сихъ поръ случаямъ, мы имѣемъ здѣсь дѣло не съ новѣйшею вулканическою мѣстностью, а съ остатками и развалинами тре-

тичныхъ вулкановъ. Въ Италіи встрѣчается множество такихъ древнихъ вулкановъ. Среди нихъ слѣдуетъ упомянуть возвышающіеся среди Ломбардской равнины Евганейскіе холмы и широко распространенные базальты въ окрестностяхъ Вероны и Виченцы; послѣдніе образуютъ многочисленные отроги, распространяющіеся въ область южныхъ Альпъ, именно въ долину рѣки Эча (Адидже): всѣ эти слѣды вулканической дѣятельности относятся къ древнѣйшимъ временамъ третичнаго періода.

Вулканы Атлантическаго океана.

Прилагаемая карта представляетъ распредѣленіе вулкановъ на земной поверхности. На ней по возможности отмѣчены только тѣ вулканы, которые дѣйствовали въ послѣтретичное время или принадлежатъ къ числу самыхъ новѣйшихъ образованій, сохранившихъ кратеръ, конусъ и лавовые потоки. Единственное исключеніе сдѣлано для западныхъ частей Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ. Здѣсь находится много такихъ областей, гдѣ третичные вулканы не могутъ быть рѣзко отдѣлены отъ позднѣйшихъ. Вулканы, расположенные рядами, отмѣчены одною общею чертой.

Бѣглый взглядъ на карту показываетъ, что въ распредѣленіи вулкановъ существуетъ замѣчательная правильность. Почти всѣ дѣйствующіе вулканы лежатъ *вблизи береговъ или на островахъ*. Внутри материка, хотя и не особенно далеко отъ моря, располагается только Араратъ и часть мексиканскихъ и южно-американскихъ вулкановъ. Впрочемъ, послѣдніе во всей ихъ совокупности могутъ быть разсматриваемы какъ прибрежная цѣпь. Точно также большинство потухшихъ вулкановъ мы встрѣчаемъ или на берегу моря, или на берегу большихъ внутреннихъ *озеръ* и морей, существующихъ теперь или существовавшихъ прежде. Впрочемъ, здѣсь число исключеній уже гораздо больше. При дальнѣйшемъ разсмотрѣніи карты мы замѣтимъ, что на берегахъ материковъ вулканы распредѣлены далеко неравномѣрно и въ громадномъ числѣ встрѣчаются только тамъ, гдѣ *горные хребты располагаются вдоль береговъ* и круто обрываются около нихъ. Третья чрезвычайно важная особенность, впервые указанная *Леопольдомъ ф.-Бухомъ* въ его классическомъ сочиненіи о Канарскихъ островахъ, заключается въ *рядовомъ* (линейномъ) расположеніи большинства вулкановъ. Уже при бѣгломъ взглядѣ на карту эти ряды въ большинствѣ случаевъ бросаются въ глаза, и было бы совершенно излишне перечислять ихъ въ отдѣльности. Эти ряды выражаютъ направленіе большихъ трещинъ, простирающихся въ глубину. Прежде вмѣстѣ съ рядовыми вулканами различали еще вулканы *центральные*. Послѣдніе представляютъ группу, въ которой около нѣкотораго центра разбросаны другіе кратеры, не обнаруживающіе въ ихъ расположеніи правильныхъ рядовъ. Но весьма вѣроятно, что и этотъ типъ можетъ быть сведенъ къ трещинамъ, которыя, начинаясь въ извѣстной точкѣ, расходятся въ разныя стороны въ видѣ лучей.

Оставляя въ сторонѣ эти чрезвычайно важныя подробности, мы найдемъ въ распредѣленіи вулкановъ и другую любопытную особенность: оказывается, что *большинство вулкановъ расположено вокругъ Великаго (Тихаго) океана*. Начинаясь у Огненной земли, вдоль всего западнаго берега Америки до самой Аляски, тянется съ небольшими перерывами длинная цѣпь огромныхъ вулкановъ, отчасти дѣйствующихъ, отчасти потухшихъ. За Аляской начинается островной рядъ вулкановъ, имѣющій видъ кривой, изогнутой въ формѣ гирлянды. У Берингова пролива, между Америкой

и Азіей, лежатъ Алеутскіе острова съ ихъ многочисленными вулканами, далѣе слѣдуетъ Камчатка, острова Курильскіе, Японскіе, Ліу-Кіу, Формоза, Филиппинскіе и, наконецъ Молуккскіе. На югѣ они примыкаютъ къ длинному ряду вулкановъ, который, начинаясь у Бенгальскаго залива, тянется къ Новой Гвинеѣ черезъ Суматру, Яву и другіе острова, расположенные къ востоку отъ послѣдней. За Новой Гвинеей между 10 и 20° южной широты располагается также много небольшихъ вулканическихъ острововъ, которые заканчиваются островами Товарищества и Маркизскими. Между этими островами и берегомъ Южной Америки одиноко выдѣляется островъ Пасхи, замыкающій огромное кольцо, которое охватываетъ большую часть океана и заключаетъ въ своемъ центрѣ величественные вулканы Сандвичевыхъ острововъ; *почти три четверти всѣхъ дѣйствующихъ вулкановъ принадлежитъ къ этому кольцу.*

Подобныхъ особенностей въ распредѣленіи вулкановъ не наблюдается ни въ какой другой мѣстности. Въ области Атлантическаго океана существуетъ только короткая цѣпь на Малыхъ Антильскихъ островахъ. Нѣкоторыя группы вулканическихъ острововъ разсѣяны по всему океану. Одна изъ вулканическихъ линій, начинаясь отъ Африканскаго побережья, уходитъ далеко въ море, но въ ней нельзя найти даже отдаленнаго подобія съ описаннымъ выше кольцомъ Великаго Океана. То же самое видимъ мы въ Индѣйскомъ и Южномъ Ледовитомъ океанахъ. Переходя къ краткому обзору главнѣйшихъ вулканическихъ областей земли, мы встрѣтимъ много неизвѣстныхъ намъ особенностей и увидимъ, что Везувій и другія огнедышащія горы Италіи представляютъ только слабую картину той ужасающей силы, которой достигаютъ изверженія. Впрочемъ, это нисколько не мѣшаетъ итальянскимъ вулканамъ служить прекрасными примѣрами при первомъ знакомствѣ съ вопросомъ, тѣмъ болѣе что они, благодаря своей доступности, изучены очень подробно. Мы разсмотримъ вулканы Атлантическаго и Индѣйскаго океановъ, познакомимся съ огромнымъ кольцомъ Тихаго океана и заключимъ нашъ обзоръ Южнымъ Ледовитымъ океаномъ съ его спорадически дѣйствующими вулканами.

Въ сѣверной окраинѣ *Атлантическаго океана* на островѣ *Исландіи* находится одинъ изъ замѣчательнѣйшихъ центровъ вулканической дѣятельности. Сравнительно съ обычнымъ типомъ, представителемъ котораго служитъ Везувій, изверженія этой мѣстности и внѣшнія формы вулкановъ представляютъ много особенностей. Благодаря этому Исландія проливаетъ значительный свѣтъ на нѣкоторыя образованія древнѣйшихъ періодовъ. Исландскіе вулканы точно изучены только въ самое послѣднее время. Правда, изверженія ихъ наблюдались и описывались въ теченіи многихъ столѣтій, и угрюмый островъ неоднократно посѣщался иноземными естествоиспытателями, но всѣ изслѣдованія ограничивались только южною заселенною частью его, гдѣ подъ вліяніемъ влаги и тепла, испускаемаго гольфстримомъ, разрослись пышные луга, доставляющіе средства къ существованію энергичнымъ и нетребовательнымъ сѣверянамъ. Наиболѣе же любопытныя внутреннія и сѣверо-западныя области Исландіи оставались неизслѣдованными, такъ какъ путешествіе по нимъ сопряжено съ необычайными трудностями и лишеніями. Огромные ледники и обширныя пространства, покрытыя голой лавой или вулканическимъ пепломъ, превращаютъ страну въ безотрадную пустыню. На протяженіи цѣлыхъ миль отсутствуетъ всякая растительность, и во многія изъ такихъ дикихъ мѣстъ не ступала еще нога человѣка. Наука обогатилась важными свѣдѣніями объ Исландіи, благодаря трудамъ *Іенструпа* и *Хелланда* и особенно неустрашимости исландца *Тороддсена.*

Основаніе острова образуютъ мощные базальтовые покровы и туфы третичнаго возраста; среди нихъ залегаютъ пласты бураго угля, такъ называемые „суртурбранды“. Островъ Сабина у восточныхъ береговъ Гренландіи, островъ Диско и Фэрерскіе острова обладаютъ тѣмъ же строеніемъ. Невольно является мысль, что вся эта область представляетъ остатокъ огромнаго базальтоваго покрова третичнаго періода. Даже базальты Шотландіи и Ирландіи могутъ быть разсматриваемы какъ его отроги.

Въ концѣ міоценовой или въ началѣ пліоценовой эпохи этотъ огромный базальтовый покровъ, обладающій мощностью болѣе чѣмъ въ 3000 м., распался. Большая часть его совершенно погрузилась въ море, и Исландія пріобрѣла въ общихъ чертахъ ея современный видъ. Базальты занимаютъ окраины Исландіи. Какъ показалъ *Кейльхакъ,* онѣ прорѣзаны базальтовыми жилами и огромными трещинами и представляютъ много участковъ, опустившихся вслѣдствіе сбросовъ (Grabensenkungen) *). Въ общемъ въ этой мѣстности нѣтъ значительныхъ вулкановъ. Наоборотъ, они встрѣчаются въ огромномъ числѣ въ южной, средней и сѣверо-западной частяхъ страны. Здѣсь господствуютъ *палагонитовые и тахилитовые туфы*, переходящіе въ брекчіи и заключающіе въ своей массѣ базальтовыя бомбы и куски шлаковъ. Породы эти еще во многихъ отношеніяхъ не достаточно изслѣдованы. Кейльхакъ различаетъ два рода палагонитовыхъ туфовъ: тѣ, которые стоятъ въ связи съ базальтомъ, онъ разсматриваетъ какъ продуктъ первой фазы вулканической дѣятельности, а тѣ, которые широкими поясами прорѣзываютъ новѣйшія вулканическія области, связываетъ съ новѣйшими изверженіями. *Торроддсенъ* считаетъ послѣдніе болѣе поздними образованіями, чѣмъ міоценовые базальты, и относитъ ихъ къ той эпохѣ, когда въ средней Исландіи, въ осѣвшемъ при сбросѣ участкѣ, происходили сильныя изверженія пепла, лапилли и бомбъ. Какъ бы ни было дѣло, мы должны отмѣтить, что эти туфы прорѣзаны длинными трещинами, около которыхъ и сосредоточена новѣйшая вулканическая дѣятельность. Направленіе трещинъ соотвѣтствуетъ дугообразной формѣ опустившагося участка. Въ западной и южной Исландіи трещины идутъ къ востоко-сѣверо-востоку, въ средней части онѣ отклоняются на сѣверо-востокъ и даже на сѣверо-сѣверо-востокъ; наконецъ, въ сѣверной части онѣ направлены съ сѣвера на югъ. Съ давнихъ временъ вдоль этихъ господствующихъ линій происходятъ землетрясенія, опусканія цѣлыхъ участковъ земной коры, изверженія, и бьютъ горячіе ключи.

Среди исландскихъ вулкановъ найдется немного такихъ, которые, подобно Везувію, представляютъ крутые конусы, состоящіе центрами изверженій. *Тороддсенъ* называетъ только два вулкана этого типа Снѣфельсъ-іокулъ и Эйяфьялла-іокулъ **). *Въ большинствѣ случаевъ жидкая лава вытекаетъ непосредственно изъ трещинъ на всемъ ихъ протяженіи:* она распространяется въ разныхъ направленіяхъ въ

---

*) Въ русской геологической литературѣ нѣтъ терминовъ, соотвѣтствующихъ нѣмецкимъ „Horst“ и „Graben“. Считая невозможнымъ писать послѣдніе русскими буквами, какъ это часто дѣлается, мы выражаемся въ данномъ случаѣ описательно: *Graben*—*„участокъ, опустившійся* (осѣвшій) *при сбросѣ (вслѣдствіе сброса)“* или *„сбросовая впадина“*, *Horst*,—*„участокъ выдвинутый сбросомъ“* или *„сбросовый выступъ“*. Употребляя выраженія „опустившійся“ и „выдвинутый“, мы указываемъ только на *относительное положеніе* перемѣстившихся участковъ и никоимъ образомъ *не на направленіе* самаго перемѣщенія. *Прим. перев.*

**) Исландскія географическія названія состоятъ обыкновенно изъ собственнаго и нарицательнаго именъ. Помѣщаемъ здѣсь переводъ послѣднихъ: *іокулъ*—глетчеръ, ледникъ, *фьялъ*—гора, *раунъ*—лавовое поле, *ватнъ*—вода, озеро, *диньгья*—куча, (вулканъ ?) *несъ*—мысъ, *фльотъ*—рѣка, *фьордъ*—заливъ. *Прим. перев*

формѣ покрова или же течетъ въ видѣ потока. Надъ трещиной возникаетъ обыкновенно рядъ конусовъ, состоящихъ изъ шлаковъ и лавы; они располагаются другъ подлѣ друга, подобно четкамъ, и напоминаютъ паразитическіе конусы большихъ вулкановъ: по крайней мѣрѣ, дѣятельность ихъ ограничивается тѣмъ изверженіемъ, во время котораго они образовались. Если лава начинаетъ изливаться изъ сосѣдней трещины, то она безслѣдно погребаетъ ихъ въ своей массѣ. Иногда лава вытекаетъ спокойно, не образуя этихъ момолетныхъ побочныхъ конусовъ; иногда образуются по обѣ стороны трещины длинные валы изъ шлаковъ и лавы.

Одно изъ огромнѣйшихъ изверженій этого рода произошло въ 1783 г. къ югу отъ глетчера Скаптаръ въ южной Исландіи. Трещина, извергавшая лаву, была направлена къ сѣверо-востоку и на протяженіи 24 км. проходила въ палагонитовыхъ туфахъ, которые въ видѣ немногочисленныхъ и небольшихъ холмовъ выступали изъ базальтоваго покрова. Сначала лава вылилась изъ западной, а потомъ изъ восточной

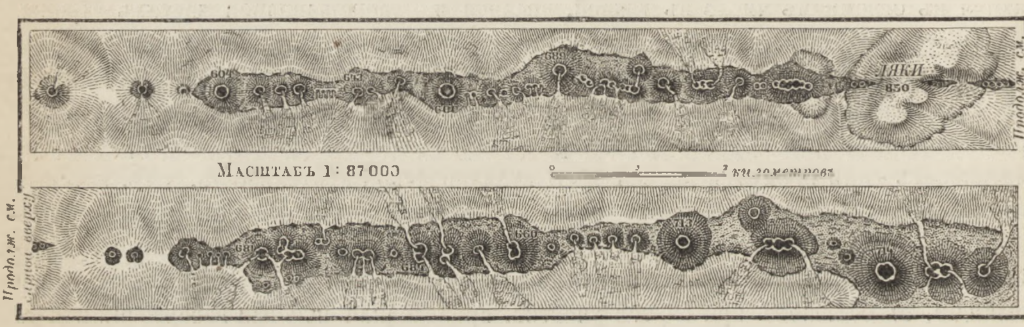


Рис. 180. Рядъ кратеровъ, образовавшійся въ 1783 г. на трещинѣ Скаптаръ въ Исландіи (кратеръ Лаки) (по Хелланду).

части трещины. По обѣ стороны послѣдней явилось не менѣе 34 большихъ и 60 маленькихъ шлаковыхъ конусовъ и кратеровъ; большинство изъ нихъ было только въ нѣсколько метровъ высотою, и самый высокій кратеръ поднимался на 150 м. надъ окрестностью (см. рис. 180). Лава распространялась по обѣ стороны трещины, текла далѣе къ берегу въ видѣ двухъ потоковъ, каждый длиною въ 45 км., и покрыла поверхность приблизительно въ 900 кв. км. *Хелландъ*, которому мы обязаны первымъ точнымъ описаніемъ этого замѣчательнаго и величественнаго изверженія, полагалъ, что средняя мощность потока достигала 30 м., а общее количество выброшенныхъ массъ — 27 куб. км. Трещина Скаптаръ вылила самый мощный изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ лавовыхъ потоковъ. Явленія, сопровождавшія это изверженіе, *Рейеръ* (по Хелланду) описываетъ слѣдующимъ образомъ (мы приводимъ его описаніе въ нѣсколько сокращенной редакціи):

„1 іюня 1783 г. въ прибрежныхъ мѣстностяхъ произошло землетрясеніе, которое съ небольшими перерывами длилось цѣлую недѣлю. На сѣверѣ небо потемнѣло, и на деревни посыпались огромныя массы вулканическаго пепла. Въ слѣдующіе дни прибрежные жители поняли, что изверженіе, происходящее гдѣ то далеко, грозитъ и ихъ существованію. 10 іюня на сѣверѣ появились огненные столбы, и къ ужасу людей рѣка Скапта, достигавшая прежде лѣтомъ 150 м. въ ширину, изсякла. Было ясно, что откуда то съ горъ устремился въ долину лавовый потокъ и превратилъ воду въ паръ. Если изверженіе не прекратится, то лава, двигаясь по долинѣ, достигнетъ моря.

„Дѣйствительно, въ слѣдующіе дни лава надвинулась огромными массами. Тамъ, гдѣ долина суживалась до 100—200 м., лава скоплялась и загромождала эти глубокія ущелья до ихъ краевъ. Падая по крутымъ склонамъ на равнины, она образовала страшные, пылающіе лавопады. Вѣтеръ несъ цѣлый дождь шлаковъ и тучи кислыхъ паровъ. Многіе изъ перепуганныхъ жителей, искавшіе спасенія въ бѣгствѣ, захворали и ослабѣли. 18 произошло новое изверженіе, и новые потоки лавы перелились черезъ ущелье Скапты. Впослѣдствіи воды рѣки прорыли себѣ другое русло, но теперь отъ соприкосновенія съ лавой онѣ были страшно нагрѣты. Эта кипящая вода, перемѣшанная съ вулканическимъ пепломъ, произвела грозныя опустошенія. Въ концѣ іюня произошелъ новый притокъ лавы, и потокъ раздѣлился на три рукава. Въ серединѣ іюля наступило спокойствіе.

„Едва жители стали оправляться отъ перенесенныхъ ужасовъ, какъ вдругъ въ концѣ іюля произошло опять страшное землетрясеніе. Теперь огромные огненные столбы появились уже на востокѣ. Въ началѣ августа новый потокъ лавы ворвался въ восточную часть долины Верфиса, но, несмотря на прибывавшія массы, онъ не достигъ равнины. Въ концѣ октября опять появились на востокѣ огненные столбы и держались тамъ въ теченіи пяти дней; лава прибывала, но новыхъ опустошеній въ равнинѣ уже не произвела. Послѣ этого изверженія въ окрестностяхъ второго лаваго потока появились горячія болота шириною на 2 часа пути; они просуществовали тамъ въ теченіи долгаго времени.

„Непосредственный вредъ, произведенный изверженіемъ, былъ великъ даже въ этой малонаселенной мѣстности. Но всего ужаснѣе были потери, происходившія вслѣдствіе гибели растительности и обнаружившіяся только въ ближайшіе годы. Нечѣмъ было кормить скотъ, и все населеніе гибло отъ голода. Въ довершеніе несчастья въ 1784 г. въ округѣ Арнесъ 100 дворовъ было разрушено землетрясеніемъ. Въ теченіи одного года изъ 47000 жителей острова умерло 9000“.

Тороддсенъ доказалъ, что кратеры Скаптаръ образовались въ 1783 г. на мѣстѣ древней трещины, выбрасывавшей лаву, вѣроятно уже въ первомъ вѣкѣ послѣ заселенія страны. Но чуть ли не самой замѣчательной и во всякомъ случаѣ единственной въ своемъ родѣ является вулканическая трещина, открытая *Тороддсеномъ* у Лангишора между Мирдалс-іокуломъ и Ватна-іокуломъ. Она простирается на 4 мили по совершенно прямой линіи и идетъ черезъ горы и долины. Горы, превышающія 1000 ф., разломаны ею, точно игрушки; она внѣдряется въ нихъ до глубины 400—600 ф. Непосредственно изъ этой трещины безъ кратеровъ вылились мощные потоки лавы въ видѣ огромныхъ лавопадовъ: одинъ изъ нихъ достигаетъ 6—7 географ. миль и можетъ быть прослѣженъ до самаго моря.

Многочисленныя и характерныя вулканическія трещины находятся далѣе въ сѣверо-восточной Исландіи между рѣками Іокулсо и Скалфандафльотъ. По сообщенію Тороддсена эта лишенная всякаго населенія пустыня разсѣкается глубокими и длинными параллельными трещинами на рядъ полосъ. Однѣ изъ нихъ опустились, другія сохранили свое первоначальное положеніе или осѣли менѣе сосѣднихъ. Большинство трещинъ сопровождается рядовыми вулканами, но нѣкоторыя трещины, равно какъ и цѣлые участки, осѣвшіе при сбросѣ, лишены ихъ. Одну изъ величайшихъ впадинъ послѣдняго рода Тороддсенъ нашелъ въ сѣверо-восточной части Одадарауна; длина ея приблизительно 15 км., ширина 1 км., а высота по обѣ стороны 30—50 м.

Параллельно этой впадинѣ тянется рядъ вулкановъ,—Рандуборгиръ, Свейнаръ и кратеръ 1875 г. Въ южной части ряда располагался прежде (до 1875 г.) длинный, осѣвшій при сбросѣ, участокъ Свейнагья; крутыя стѣны его достигали съ обѣихъ сторонъ 10—20 м. въ вышину. 18 февраля 1875 г. начались изверженія вдоль западной стѣны этой впадины и съ нѣкоторыми перерывами продолжались до конца августа. Вдоль трещины образовалось три группы кратеровъ; они сравняли осѣвшій участокъ съ около лежащими частями и выбросили потокъ, масса котораго, какъ

Рис. 181. Вулканы Вер-фьялъ на Комариномъ озерѣ (Ми-ватнъ) въ Исландіи (по Прейеру и Циркелю).

думаетъ *Хелландъ*, достигала по крайней мѣрѣ 276 милліоновъ кубическихъ метровъ. Шумъ, произведенный этимъ изверженіемъ, слышался на далекомъ разстояніи и напоминалъ собою тяжелые удары морскихъ волнъ о скалистые берега. По сообщенію *Хальгримура Іонассона*, 12 марта длина лавоваго потока была не менѣе одной датской мили. Изверженіе свирѣпствовало вдоль восточной стороны шлаковаго вала, который достигалъ 400 м. въ длину и 13 м. въ высоту; шестнадцать огненныхъ столбовъ вырвалось изъ трещины, лавовыя глыбы безъ счета поднималися вверхъ и падали каменнымъ дождемъ. Почва покрылась множествомъ короткихъ параллельныхъ трещинъ; тамъ, гдѣ двигался потокъ, онѣ заполнились лавой. Восточная сторона одной изъ трещинъ въ теченіи 12 часовъ опустилась болѣе, чѣмъ на 2 фута. Въ апрѣлѣ и въ августѣ происходили изверженія въ южной части.

Поразительною правильностью отличается выдвинутый сбросомъ длинный участокъ (Horst) на восточномъ берегу Комаринаго озера (оз. Ми-ватнъ); въ разныхъ мѣстахъ онъ носитъ различныя названія (Наму-фьялъ, Дал-фьялъ, Лейр-нукура). Онъ достигаетъ въ высоту 400—600 м. и въ ширину 400 км. Трещины, ограничивающія его, сопровождаются непрерывнымъ рядомъ кратеровъ, выливших огромныя массы лавы. Періодомъ сильныхъ изверженій ихъ было время между 1724 и 1730 годами. Нынѣ у этихъ трещинъ находятся фумаролы, сольфатары и ключи, извергающіе горячую грязь. Среди вулкановъ Комаринаго озера особенно любопытенъ *Вер-фьялъ*, отличающійся своею чрезвычайно правильною формой (см, рис. 181). Рѣзкую противоположность этимъ грандіознымъ вулканическимъ изверженіямъ представляютъ крошечныя трещины, напоминающія какую-то искусственную модель и наблюдавшіяся *Тороддсеномъ* въ южной части Свейнагьи. На одной изъ такихъ трещинъ, имѣющей въ длину только 10 м. и въ ширину 10—12 сантим. располагаются 12 крошечныхъ кратеровъ, изъ которыхъ самый большой достигаетъ одного метра въ поперечникѣ, остальные же не больше 12—16 сантим. Такую же вулканическую трещину съ крошечнымъ лавовымъ потокомъ *Тороддсенъ* нашелъ у Хелгафела на полуостровѣ Рейкья-несѣ.

Въ области Комаринаго озера и въ сѣверной части Одада-рауна перемѣщенія земной коры,—сбросы и сдвиги,—происходили въ сѣверо-южномъ направленіи. Наоборотъ, въ южномъ Одада-раунѣ трещины направлены главнымъ образомъ къ сѣверо-востоку. Къ числу послѣднихъ и относятся ряды кратеровъ Кверкнука-рани и Дингью-холсъ. Кверкнука-рани состоитъ изъ многочисленныхъ конусообразныхъ скалъ туфа и брекчій, между которыми въ самыхъ фантастическихъ формахъ нагромоздилась лава. Профили мѣстности между Кверкнука-рани и Дингьюхолсомъ, представленные на рис. 182 и 183, даютъ наглядное представленіе о строеніи этой замѣчательной вулканической области.

Въ котловинѣ Аскья пересѣкаются трещины, идущія въ сѣверо-южномъ и сѣверо-восточномъ направленіяхъ; вслѣдствіе этого здѣсь вулканы достигаютъ такого огромнаго развитія, какого мы не встрѣчаемъ ни въ какомъ другомъ мѣстѣ Исландіи. Къ сожалѣнію, эта недоступная область еще мало изслѣдована. Огромный туфовый валъ Аскьи, занимающій площадь приблизительно въ 55 км., обрамляется съ наружной и внутренней сторонъ многочисленными кратерами. Въ юго-восточномъ углу находится озеро, окруженное сильными фумаролами и нѣсколькими кратерами, которые въ 1875 г. 2 и 3 января выбрасывали базальтовыя и туфовыя глыбы. 29 марта произошло страшное изверженіе пемзы: пепелъ долетѣлъ до Стокгольма. Дно кратера превратилось теперь въ зелено-голубую, постоянно кипящую и клокочущую глиноподобную массу. Съ шумомъ и ревомъ вырываются изъ кратера огромные столбы паровъ и множество незначительныхъ паровыхъ струй, которыя расходились въ видѣ лучей. Дѣятельность Аскьи представляетъ нѣкоторое отличіе отъ дѣятельности вулкановъ, располагающихся на трещинахъ; это — единственый вулканъ Исландіи, выбросившій въ историческое время настоящую бѣлую пемзу. Перемѣщенія земной коры въ сѣверо-восточномъ направленіи, характерныя для южнаго Одада-рауна, наблюдаются также и у подножія глетчера Ватна. Они оказываютъ рѣшающее вліяніе на расположеніе вулкановъ всей южной и западной Исландіи, полуострова Рейкья-неса и области знаменитой Геклы. Послѣдняя представляетъ туфовый валъ, достигающій 20 км. въ длину и сопровождаемый многочисленными кратерами.

Кромѣ вулканическихъ трещинъ и сравнительно менѣе распространенныхъ туфовыхъ вулкановъ, въ Исландіи существуетъ еще одинъ замѣчательный типъ огнедышащихъ горъ: это—плоскія щитообразные вулканы, съ огромнымъ кратеромъ, который напоминаетъ своею формой шахту рудника и выбрасываетъ лаву. Такіе вулканы достигаютъ огромнаго развитія на островѣ Гавайи, и потому подробное описаніе ихъ мы отлагаемъ до другаго мѣста. Распространяется ли это сходство и на дѣятельность исландскихъ вулкановъ, мы не можемъ рѣшить, такъ какъ они въ настоящее время уже потухли. По *Тороддсену* величайшими вулканами этого рода являются Трёлла-дингья и Коллота-дингья въ Одада-раунѣ и Стиртуръ въ средней Исландіи, между Хофс-іокуломъ и Лонг-іокуломъ. *Кейльхакъ* относитъ сюда еще вулканъ Скьялбрейдъ (широкій щитъ), расположенный къ сѣверу отъ озера Тингвалла. Трёлла-дингья достигаетъ въ вышину 1491 м. надъ уровнемъ моря, а въ попереч-

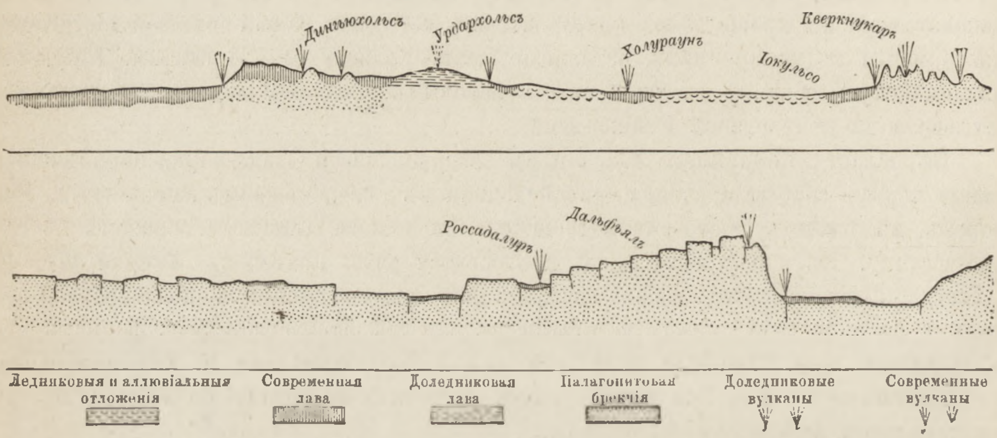


Рис. 182—183. Разрѣзы ряда вулкановъ на Одада-раунѣ въ Исландіи (по Тородсену).

никѣ доходитъ до 15 км. Коллотта-дингья нѣсколько ниже. Склоны этихъ чрезвычайно плоскихъ вулканическихъ куполовъ наклонены незначительно,—отъ 1^0 до 10^0. Они образованы исключительно многочисленными лавовыми покровами съ небольшими шлаковыми конусами на внѣшней поверхности и съ пустотами внутри. На вершинѣ располагается огромный круглый или эллиптическій кратеръ съ необычайно крутыми стѣнами. *Тороддсенъ* полагаетъ, что внутри этого кратера такъ-же, какъ и въ гавайскихъ вулканахъ, располагаются лавовыя озера. Въ юго-западной Исландіи, въ области распространенія базальтовъ, извѣстно много небольшихъ вулкановъ на берегу залива Факсафьордъ. Расположеніе ихъ представляется чрезвычайно любопытнымъ: какъ показалъ *Тороддсенъ*, они образуютъ на берегу бухты полукругъ и лежатъ на тѣхъ трещинахъ, изъ которыхъ бьютъ теплые углекислые ключи. Такимъ образомъ бухта Факса представляетъ какъ бы остатокъ разрушившейся котловины.

Что касается химическаго состава лавъ Исландіи, то онѣ обладаютъ въ большинствѣ случаевъ основнымъ характеромъ. Впрочемъ, встрѣчаются также и кислыя лавы,—липариты, пемза, а въ новѣйшее время и обсидіановые потоки. Примѣромъ послѣднихъ можетъ служить Итрафутину-раунъ въ области Геклы, а также нѣкоторые потоки у Крафлы, у Торфа-іокула и особенно у Іокулбармура внутри острова. Что касается внѣшнихъ свойствъ лавовыхъ потоковъ, то въ Исландіи, какъ и во

всякой другой вулканической области, можно различать двѣ главныхъ формы: такъ называемыя „хеллу-рауны“ и „апал-рауны“: первыя соотвѣтствуютъ волнистой лавѣ „пахоехое“, вторыя—глыбовой „аа“ гавайскихъ вулкановъ. Глыбовая лава, поверхность которой напоминаетъ взволнованное море, занимаетъ въ Исландіи относительно меньшую площадь; преобладающая здѣсь волнистая лава обладаетъ прекрасно выраженнымъ плитняковымъ строеніемъ. Масса лавы, выброшенной исландскими вулканами, необычайно громадна; по расчетамъ *Тороддсена* въ одной только сѣверо-восточной части острова, между Іокульсо и Скалфандафлютъ она достигаетъ

Рис. 184. Ягодная гора на островѣ Янъ Майенъ (изъ трудовъ Норвежской Полярной Экспедиціи).

216 куб. км. Предполагаютъ, что со времени заселенія острова въ IX вѣкѣ происходили изверженія двадцати вулкановъ; большинство ихъ приходится на долю Геклы (21) и Катлы (12).

Продолженіемъ вулканической цѣпи, косо прорѣзывающей Исландію, можно считать островъ *Янъ-Майенъ* расположенный далѣе къ сѣверу. Высшая вершина его, Ягодная Гора, покрыта ледниками и достигаетъ 2545 м. Это потухшій вулканъ. Болѣе низкія горы Яна Майена, а также горы расположеннаго невдалекѣ Яичнаго Острова обнаруживали вулканическую дѣятельность въ недавнее время. Рис. 184 изображаетъ Ягодную Гору съ ея многочисленными паразитическими кратерами, а на рис. 185 представлена Птичья гора, въ разрушенный кратеръ которой ворвалося море. Къ Ягодной Горѣ примыкаетъ длинная и узкая коса, направленная къ юго-западу. Она покрыта множествомъ небольшихъ кратеровъ, которые извергали базальтовыя лавы.

За предѣлами Исландіи берега Атлантическаго океана на огромномъ разстояніи не представляютъ и слѣдовъ вулканической дѣятельности. На всемъ восточномъ побережьѣ Америки отъ полярнаго круга до Огненной Земли и на западномъ берегу Европы и Африки къ сѣверу отъ экватора мы не находимъ ни одного вулкана. Только въ средней части Гвинейскаго залива находится рядъ хотя и не дѣйствующихъ, но хорошо сохранившихся вулкановъ: къ числу ихъ относятся гора Камерунъ, достигающая 4000 м. въ высоту, острова Фернандо По, Принчипе, Св. Ѳомы и Аннобомъ. Древній вулканъ, располагающійся у озера Чадъ, вѣроятно

Рис. 285. Птичья гора на о-вѣ Янъ Маейнъ (изъ трудовъ Норвежской Полярной Экспедиціи).

составляетъ сѣверо-восточный отрогъ этого ряда. Къ юго-западу продолженіемъ линіи Камеруна служитъ островъ св. *Елены* съ ея потухшимъ кратеромъ. Здѣсь рядъ вулкановъ, кажется, даетъ новый отрогъ, направленный къ сѣверу-западу и идущій черезъ острова Вознесенія къ острову св. Павла. Если это такъ, то островъ св. Елены должно разсматривать какъ мѣсто пересѣченія двухъ вулканическихъ линій. Можетъ быть, и Тристанъ да Кунья, островъ, расположенный еще дальше къ югу, стоитъ въ связи съ трещиной, идущей также отъ острова св. Елены; насколько это справедливо, еще нельзя рѣшить.

Значительно большаго вниманія заслуживаютъ острова, лежащіе къ западу отъ Африки, между 14 и 40° с. ш.; сюда относятся Азорскіе острова, Мадейра, Канарскіе и Зеленаго Мыса. Изъ нихъ Мадейра представляетъ вполнѣ потухшій вулканъ. Въ основаніи острова залегаетъ, кажется, діабазъ, и, если судить по на-

Распредѣленіе
ВУЛКАНОВЪ
на земной поверхности

Вулканическія области отмѣчены красною краской

Вост. д. отъ Гринвича
СѢВЕРН. ЛЕДОВ. ОКЕАНЪ
Земля Франца Іосифа
Земля Зичи
З. Вильчека
Земля К. Карла
О. Уединенія
М. Челюскинъ
О. Беннета
О. Генріетты
О. Жаннеты
Новосибирскіе о-ва
О. Фадѣевскій
О. Котельный
Новая Сибирь
О. Ближній
З. Врангеля
М. Нассау
Мысъ Мавривія
О. Медвѣжій
Маточкинъ Шаръ
КАРСКОЕ МОРЕ
ТАЙМЫРСКІЙ ПОЛУОСТР.
Гаммерфестъ
Нордкапъ
ЛАПЛАНДІЯ
Архангельскъ
Обдорскъ
Верхоянскъ
Якутскъ
Становыя горы
Охотскъ
Охотское море
Ключевская сопка
Петропавловскъ
Сахалинъ
Курильскіе о-ва
РОССІЯ
С. Петербургъ
Москва
Казань
Тобольскъ
Екатеринб.
Енисейскъ
Томскъ
Омскъ
Красноярскъ
Саяны
Иркутскъ
Алтай
Оренбургъ
Семипалатинскъ
Яблоновый х.
ЕВРОПА
Берлинъ
Кіевъ
Одес.
Альпы
Астрахань
Аральск. оз.
Черн. м.
Тифлисъ
Хива
Туранъ
Бухара
Монголія
Пустыня Гоби
Хинганскій х.
Владивостокъ
Тесcо
Японскіе о-ва
Ниппонъ
Токіо
Кіушіу
Японское м.
Пекинъ
Корея
Тянь Шань
Тенгри ханъ
Кашгаръ
Куэнь Лунь
Тибетъ
Гималаи
КИТАЙ
Желтое м.
ВЕЛИКІЙ
О. Ганесъ
Бонинскіе о-ва
О-ва Маріанскіе (Ладронскіе)
О. Ваке
ОКЕАНЪ
Каролинскіе о-ва
О-ва Палао
Маршальскіе о-ва
ПОЛИНЕЗІЯ
Архипелагъ Бисмарка
О-ва Жильберта
О. Соломоновы
Малая Азія
Кипръ
Демавендъ
Тегеранъ
Иранъ
Кандагаръ
Гиндукушъ
СРЕДИЗЕМНОЕ М.
Триполи
Каиръ
ЕГИПЕТЪ
Суэцъ
АРАВІЯ
Мекка
Аденъ
Сокотора
Гвардафуй
Оманскій зал.
Индостанъ
Бомбей
Калькутта
Бенгальскій з.
Мадрасъ
Лакедивскіе о-ва
М. Коморинъ
Цейлонъ
Мальдивскіе о-ва
Никоб. о-ва
Индо Китай
Кантонъ
Гайнанъ
Банкокъ
Формоза
Манила
Филиппинскіе о-ва
Китайское м.
Суматра
Борнео
Целебесъ
Ява
Батавія
Зондскіе острова
Тиморъ
Новая Гвинея
Н. Гвинея
Арабская Сахара
Тибести
Хартумъ
Массова
Абесс.
АФРИКА
Камерунъ
Экваторія
Килиманджаро
Занзибаръ
Дарессалаамъ
Амирантскіе о-ва
Сейшельскіе о-ва
Чагосскіе о-ва
Индрапура
О-ва Кокосовые
Ангола
Лунда
Луанда
Нгаро
Коморскіе о-ва
Мозамб.
О. Мавриція
О. Родригецъ
О. Реюньонъ (Соединенія)
ИНДѢЙСКІЙ ОКЕАНЪ
Г. Оматако
З. Делагоа
Портъ Наталь
М. Доброй Надежды
Капштадтъ
М. Игольный
М. Сѣверо-западный
Пертъ
М. Лейвинъ
АВСТРАЛІЯ
Оз. Амадеусъ
Оз. Эйръ
Оз. Гайрднеръ
Аделаида
Сидней
Мельбурнъ
Бассовъ пр.
Тасманія
Брисбэнъ
Н. Гебридскіе
Н. Каледонія
О-ва Фиджи
Сѣв. о-въ
Окландъ
Н. Зеландія
Г. Кука
Южн. о-въ
О. Ракіура
О. Нов. Амстердамъ
О-ва принца Эдуарда
О-ва Крозе
О. Кергелена
О. Хердъ
О. Буве
ЮЖНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАНЪ
О. Эндерби
О. Кемпъ
ЗЕМЛЯ УИЛЬКСА
Китовые о-ва
ЗЕМЛЯ ВИКТОРІИ
В. Эребусъ
Г. Терроръ

ходимымъ въ туфахъ окаменѣлостямъ, то вулканическую дѣятельность Мадейры слѣдуетъ отнести къ началу міоценовой эпохи. Много хорошо сохранившихся кратеровъ и свѣжіе лавовые потоки указываютъ, что изверженія происходили здѣсь и въ позднѣйшее время, но съ того момента, какъ европейцы завладѣли островомъ, вулканическая дѣятельность не проявлялась.

Въ группѣ *Азорскихъ островов* дѣйствующіе вулканы находятся на Санъ Мигуэлѣ, Терцеирѣ, Пико, Файялѣ и о-вѣ Св. Георгія. Кромѣ того, среди этой группы, вблизи Санъ Мигуэля и Терцейры нерѣдко происходятъ подводныя изверженія. Послѣднее случилось въ 1867 г. Часто во время такихъ катастрофъ появляются новые островки, которые скоро опять исчезаютъ. Особенною извѣстностью пользуется изверженіе, насыпавшее въ 1811 году островъ *Сабрину*. По своему типу Азорскіе острова, повидимому, сходны съ Канарскими, но богатая растительность, одѣвающая ихъ почву затрудняетъ изслѣдованіе.

Гораздо болѣе извѣстны *Канарскіе острова*, которые со времени знаменитыхъ изслѣдованій Леопольда фонъ-Буха сдѣлались классической мѣстностью для изученія вулкановъ. Группа состоитъ изъ семи большихъ и нѣсколькихъ малыхъ острововъ. Къ ней относятся: о-въ *Ферро*, недостаточно изученный базальтовый островъ *Пальма*, мало извѣстный островъ *Гомера, Тенерифъ, Гранъ Канарья, Фуэртевентура* и *Ланцаротъ*. Что касается расположенія острововъ, то два послѣдніе образуютъ рядъ, направленный съ юго-запада къ сѣверо-востоку; въ этомъ же направленіи располагаются на нихъ и кратеры. Группируются ли вулканы острововъ Гранъ Канарья, Тенерифа и Ферро въ такой же рядъ, — не извѣстно. Со времени заселенія острововъ испанцами происходили изверженія Тенерифа, Пальмы и Ланцарота.

Главную массу острова Тенерифа составляетъ огромный вулканъ, достигающій 3710 м. въ высоту. Со всѣхъ сторонъ мѣстность постепенно приподнимается, и склоны вулкана падаютъ подъ угломъ 10—14°. На значительной высотѣ располагается огромный древній кратеръ типа Соммы. По мнѣнію однихъ изслѣдователей, онъ достигаетъ 2 геогр. мили въ поперечникѣ, по мнѣнію другихъ—1½ геогр. мили. Южная часть этого огромнаго кольца вполнѣ сохранилась, сѣверная же разрушилась въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ выливались къ подножію вулкана лавовые потоки. Около этого древняго эллиптическаго кратера располагается нѣсколько паразитическихъ конусовъ типа Этны, выливавшихъ лаву, а внутри возвышается самый Пикъ Тенерифъ (или Пико де Тейде), „гора на горѣ", какъ выразился Леопольдъ фонъ-Бухъ. „Только войдя внутрь цирка, образованнаго кольцевымъ валомъ, путешественникъ можетъ сказать, что онъ достигъ подножія Пика и увидѣлъ тѣ его особенности, которыя отсутствуютъ въ другихъ вулканахъ. Горныя массы, которыя служатъ подножіемъ Пика, несмотря на ихъ высоту, являются чѣмъ то несущественнымъ, второстепеннымъ. Пемзовыя поля на склонахъ конуса такъ огромны, что издали вся гора кажется покрытою снѣгомъ. Черные потоки ебсидіана прорѣзываютъ эту бѣлую пелену и точно ленты спускаются съ вершины; одни доходятъ до основанія цирка, другіе до половины конуса, а третьи выступаютъ рѣзко своимъ чернымъ цвѣтомъ только у самой вершины. Все покрыто рыхлыми изверженными массами, кругомъ ни дерева, ни травы". (Леопольдъ фонъ-Бухъ). На вершинѣ располагается кратеръ, достигающій ½ км. въ поперечникѣ; онъ вполнѣ доступенъ для изслѣдованія. Если пренебречь небольшими бокками, то, кромѣ главнаго Пика, слѣдуетъ указать еще на два значительныхъ конуса, расположенныхъ внутри кольцеваго вала, — Монтанья Бланко и Пико Віейо, или Хахорра. Кратеръ

послѣдняго шире кратера главнаго конуса, и выброшенные имъ обсидіановые потоки обладаютъ болѣе значительною мощностью (см. рис. стр. 27).

Совсѣмъ иную картину представляетъ островъ *Пальма*, сообщившій цѣлому ряду образованій названія „кальдеръ“ и „барранкосовъ“; послѣднія употребляются точно такъ же, какъ „сомма“ и „сольфатара“. Въ строеніи острова принимаютъ участіе не однѣ только новѣйшія изверженныя породы: въ основаніи его залегаютъ массивныя діабазы, и только надъ ними располагаются продукты новѣйшихъ изверженій. Островъ обладаетъ клинообразной формой: широкій конецъ его образованъ своеобраз-

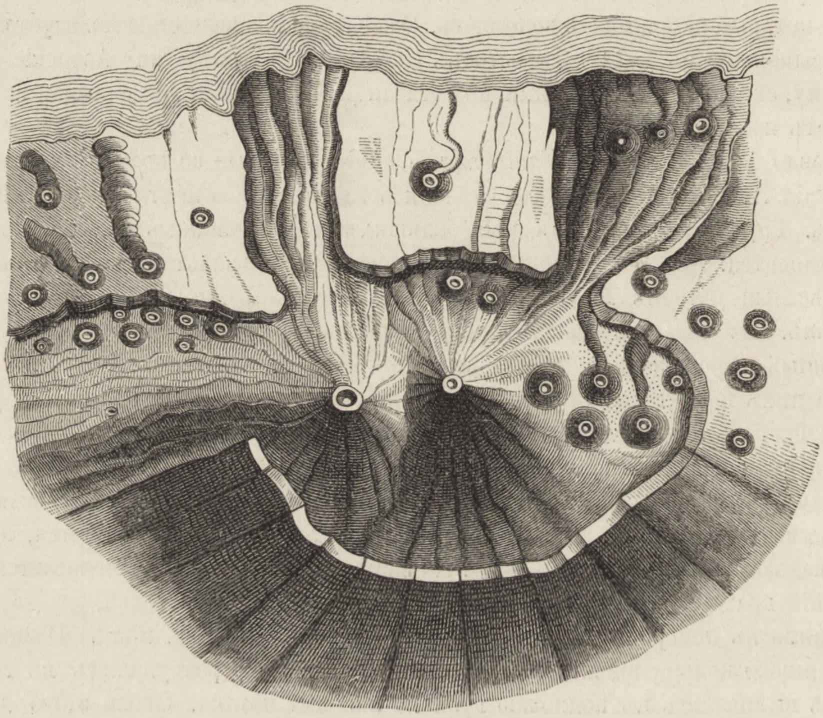


Рис. 186. Снимокъ съ старинной модели Пика Тенерифа.

нымъ кратеромъ „Кальдерой“, на остромъ же концѣ располагается длинный и крутой гребень Кумбрэ Віейа съ многочисленными вулканическими конусами; низкій валъ соединяетъ его съ Кальдерой. На южномъ концѣ Кумбрэ, на острой оконечности острова, стоитъ вулканъ высотою въ 728 м. Въ 1669 г. онъ далъ изверженіе, которое было вообще послѣднимъ изверженіемъ острова Пальмы.

Кальдера представляетъ только остатокъ огромнаго конуса. Вершина его обрушилась, и на ея мѣстѣ образовалась огромная широкая и глубокая котловина. Скалы окружающія эту котловину, также называются Кумбрэ; они поднимаются въ сѣверной своей части до высоты 2511 м. а въ южной до 2095 и 2133. Дно Кальдеры располагается не выше 700 м. надъ уровнемъ моря. Такимъ образомъ, эта глубокая котловина окружена стѣнами въ 1200—1600 м. Въ нее ведетъ узкое ущелье, прорытое горными ручьями. Это—Барранко-де-ласъ Ангустіасъ или Гранъ-Барранко (Большой Барранкосъ). Стѣны Кальдеры состоятъ изъ вулканическихъ массъ. На краю и на склонахъ располагаются паразитные кратеры, откуда лавы распространялись въ

низменныя части острова и доходили до моря. Иною представляется картина, если войти внутрь Кальдеры черезъ Большой Барранкосъ. При входѣ видны только продукты новѣйшихъ изверженій, но въ глубинѣ горы господствуютъ древнѣйшія массивныя породы, — діабазы, гиперстениты и др. Всѣ онѣ раздроблены и разорваны многочисленными жилами, которыя иногда совсѣмъ скрываютъ прорѣзанныя ими породы. Эти древнѣйшія изверженныя массы составляютъ и дно Кальдеры, крутыя же стѣны послѣдней образованы продуктами новѣйшихъ изверженій. Внутреннія части Кальдеры изборождены глубокими рытвинами, которыя внѣдряются и въ обрывы Кумбрэ.

Много споровъ вызвалъ вопросъ о происхожденіи этой огромной котловины, достигающей $1^1/_2$ географ. мили въ поперечникѣ и 1600 м. въ глубину. Леопольдъ фонъ-Бухъ считалъ Кальдеру и окружающія ея скалы Кумбрэ характернѣйшимъ примѣромъ кратера поднятія и на особенностяхъ острова Пальмы построилъ свою теорію. Весьма любопытно познакомиться съ выводами, къ которымъ онъ пришелъ. „Картина открывающаяся съ Кумбрэ не менѣе величественна, чѣмъ внутри Кальдеры. Путешественникъ видитъ передъ собою бездну во всемъ ея величіи, и едва-ли въ другомъ мѣстѣ на земной поверхности найдется такая же страшная пропасть. Середина Кальдеры подымается на 2257 ф.; немного выше лежитъ подножіе крутыхъ скалъ, которыя образуютъ обрывы болѣе, чѣмъ въ 4000 ф. Гдѣ можно найти что-нибудь подобное? Гдѣ величественныя скалы окружаютъ такую котловину? Гдѣ изслѣдователь видитъ съ такою ясностью скрытое у него подъ ногами? Отдѣльные гребни рѣзко выдвигаются среди вала и позволяютъ по нимъ судить о составѣ цѣлаго. Всюду, куда ни кинешь взоръ, лежатъ слои твердаго базальта и мощныя массы туфовъ, вулканическихъ бомбъ и куски шлаковъ. У верхняго края, эти пласты сильно наклонены кнаружи, а внизу наклонъ ихъ дѣлается меньше; съ сѣверной стороны они падаютъ къ сѣверу, съ южной — къ югу. Можно думать, что громадное количество базальтовыхъ жилъ, прорѣзывающихъ стѣны сверху донизу, образуютъ нѣчто вродѣ связокъ или бинтовъ, которые и удерживаютъ эти раздробленныя массы въ ихъ положеніи. Догадка тѣмъ болѣе естественна; что стѣны стоятъ по большей части вертикально или только немного отклоняются отъ отвѣсной линіи. Внизу, въ барранкосѣ, этихъ жилъ еще больше. Наружный склонъ Кальдеры какъ бы закрученъ по направленію къ морю. Малые барранкосы *) не видны или представляются только въ видѣ небольшихъ трещинъ; всѣ другія возвышенія также незамѣтны, и склоны спускаются почти равномѣрно. Это замѣчательное явленіе поражаетъ изслѣдователей мѣстности: при взглядѣ на карту острова, не трудно замѣтить, какъ многочисленны баранкосы, идущіе отъ вершины къ подножію, но часто путешественникъ находясь рядомъ съ этими глубокими рытвинами, не видитъ ихъ и даже совсѣмъ не ожидаетъ встрѣтить, пока не сдѣлаетъ послѣдняго шага къ краю; барранкосы появляются вдругъ; путнику приходится спускаться по крутымъ скалистымъ стѣнамъ на 400 или 500 ф. внизъ и подниматься потомъ на такую же высоту; дальше, черезъ какія-нибудь четверть часа, онъ опять встрѣчаетъ другой барранкосъ, столь же крутой и глубокій, еще дальше—третій... Только на небольшихъ промежуткахтъ между этими гиганскими рытвинами могутъ ютиться жилища. Ручьевъ, спускающихся въ барранкосы, не существуетъ; вода падаетъ туда только въ дождливое время года или

---

*) Слѣдуетъ отличать Большой Баранкосъ, который ведетъ въ Кальдеру отъ Малыхъ барранкосовъ, глубокихъ ущелій, которыя находятся въ наружной сторонѣ Кумбрэ.

во время таянія снѣга на горахъ. При восхожденіяхъ даже на незначительную высоту надъ уровнемъ моря безчисленные барранкосы дѣлаютъ путь чрезвычайно утомительнымъ: приходится то подниматься вверхъ, то опускаться внизъ, почти не двигаясь впередъ. Поэтому мѣстные жители предпочитаютъ дѣлать обходъ: они поднимаются отъ Санта-Круцъ до Кальдеры и затѣмъ уже спускаются къ Большому Барранкосу; они обыкновенно избѣгаютъ кратчайшаго пути, перерѣзаннаго многочисленными глубокими рытвинами и ущельями. Барранкосы расходятся во всѣ стороны отъ края Кальдеры. На южныхъ склонахъ Кумбрэ они попадаются рѣдко и достигаютъ большой глубины только у самаго берега.

Всѣ эти явленія, такъ прекрасно гармонирующія другъ съ другомъ, легко сводятся къ одной общей причинѣ. Кальдера—ничто иное, какъ огромный кратеръ поднятія, созданный дѣйствіемъ тѣхъ же силъ, которыя воздвигли на днѣ моря цѣлый островъ. Вслѣдствіе этого слои наклонены такъ же, какъ и наружные склоны, и вверху сильнѣе, чѣмъ внизу. Поверхность вновь образовавшагося конуса должна была покрыться многочисленными трещинами,—барранкосами,—такъ какъ она заняла теперь значительно бóльшее пространство, чѣмъ прежде на днѣ моря. Вдали отъ конуса такія трещины попадаются рѣдко, и здѣсь, дѣйствительно, не было причины для ихъ возникновенія. Еслибы въ серединѣ Кальдеры могъ выдвинуться пикъ, то произошелъ бы вулканъ т. е. открытый каналъ, соединяющій поверхность земли съ ея внутренностью. Но въ кратерѣ поднятія огромныя приподнятыя массы падаютъ опять и закрываютъ этотъ каналъ".

Какъ уже было упомянуто, названія этихъ замѣчательныхъ образованій стали нарицательными: всякую большую котлообразную долину, располагающуюся внутри притупленнаго конуса вулкана и открывающуюся наружу ущельемъ, называютъ *кальдерой;* своеобразныя же ущелья на склонахъ вулкановъ, которыя разсматривались приверженцами теоріи поднятія какъ трещины, возникшія при образованіи кратера, носятъ названіе *барранкосовъ*.

Объясненіе кальдеръ, предложенное Леопольдомъ фонъ-Бухомъ, оказалось неправильнымъ; но ходъ мыслей этого ученаго и способъ его доказательствъ представляютъ большой интересъ и въ настоящее время. Изслѣдованія *Рейсса* и *Хартунга* показали, что образованіе кальдеръ и барранкосовъ просто объясняются теоріей накопленія и что наоборотъ, нѣтъ ни одного серьезнаго основанія приписывать ихъ возникновеніе поднятію. Мы слишкомъ бы уклонились въ сторону, если бы стали подробно разбирать доводы, подтверждающіе этотъ взглядъ. Мы прослѣдимъ процессъ только въ самыхъ главныхъ чертахъ. Какъ уже упомянуто внутреннимъ ядромъ Кальдеры служатъ массивныя горныя породы изъ группы такъ называемыхъ зеленокаменныхъ породъ (грюнштейновъ), діабазовъ, гиперстенитовъ и т. п. Онѣ, очевидно, находились здѣсь уже передъ началомъ изверженія. Судя по той высотѣ, какой достигаютъ эти породы на днѣ котловины, можно заключить, что онѣ представляли гору около 1200 м. въ высоту. На поверхности послѣдней происходили новѣйшія изверженія. Путемъ накопленія лавы и вулканическаго пепла образовался конусъ; онъ совершенно закрылъ зеленокаменныя породы и поднялся на большую высоту. Кумбрэ достигаетъ теперь 2511 м., а поперечникъ кратера равняется $1\frac{1}{2}$ географической мили; отсюда можно заключить, что первоначальный конусъ поднимался по крайней мѣрѣ до высоты Пика Тенерифе. Во время одного изъ дальнѣйшихъ изверженій верхняя часть конуса взлетѣла на воздухъ, и горныя массы, рас-

полагавшіяся выше современной Кумбрэ, были сброшены; наконецъ, подобно тому какъ это мы видѣли при изверженіи Везувія въ 1872 г., огромная трещина прорѣзала всю гору сверху до низу. Послѣ этого внутри Кальдеры изверженія должны были прекратиться; если бы они продолжались на прежнемъ мѣстѣ, то въ срединѣ появился бы новый конусъ, а если-бы центръ изверженія передвинулся къ сѣверо-восточному краю Кумбрэ, туда, гдѣ теперь располагаются отдѣльные паразитическіе кратеры, то гора пріобрѣла бы форму и строеніе Этны, и вмѣсто Кальдеры и барранкоса появилось бы ущелье, подобное Валль дель Бове. Дальнѣйшая роль въ созданіи современнаго вида острова принадлежала уже водѣ. Въ дождливое время года и во время таянія снѣга ручьи сбѣгали по склонамъ потухшаго кратера и покрыли его глубокими оврагами; вода стекала и по той огромной трещинѣ, которая образовалась во время послѣдняго изверженія, размывала ее все больше и превратила въ современный большой барранкосъ. Барранкосы не могутъ быть разсматриваемы какъ трещины, возникшія при поднятіи горы, уже по тому одному, что въ верхнихъ своихъ частяхъ они очень узки, почти даже незамѣтны и по мѣрѣ приближенія къ подножію горы дѣлаются шире и глубже. Эта то отличительная особенность барранкосовъ и заставляетъ приписать ихъ происхожденіе дѣйствію водъ, стекавшихъ по склонамъ.

Много сходнаго съ Пальмой представляетъ въ своемъ строеніи островъ *Гранъ Канарья.* Онъ имѣетъ также свою кальдеру съ двумя барранкосами.

Происхожденіе острововъ Пальма и Гранъ Канарьи одинаково; тоже самое слѣдуетъ сказать и объ островахъ *Фуэртевентура* и *Ланцаротъ,* вытянутыхъ съ юго-запада на сѣверо-востокъ. Первыя изслѣдованія Ланцарота были произведены *Леопольдомъ фонъ-Бухомъ;* позднѣе оба острова подробно изслѣдовалъ *Хартунгъ.* По своему рельефу они рѣзко отличаются отъ остальныхъ членовъ группы и не представляютъ ни одной горы болѣе или менѣе значительной величины. Высочайшая вершина Фуэртевентуры поднимается на 796 м., а Ланцарота на 727 м. надъ уровнемъ моря. Древнѣйшими изверженными породами здѣсь являются также діабазы и гиперстениты; они находятся въ непосредственномъ соприкосновеніи съ базальтами и трахитами. Новѣйшія изверженныя породы обладаютъ базальтовымъ характеромъ и по времени своего образованія распадаются на три формаціи, слѣдующихъ одна за другою. На островѣ Ланцаротѣ древнѣйшіе изъ этихъ базальтовъ образуютъ только скопленіе шлаковъ; кратеръ и лавовые потоки отсутствуютъ. Второй періодъ характеризуется появленіемъ конуса съ кратерами и лавовыми потоками. Наконецъ, къ послѣднему періоду относятся продукты страшныхъ изверженій, 1730—1736 г.; они были выброшены длиннымъ рядомъ кратеровъ, расположенныхъ по прямой линіи. Почти треть острова покрылась потоками лавы, и самая значительная огнедышащая гора этого времени Монтаньо де Фуэго, подымающаяся на 533 м. надъ уровнемъ моря, и теперь еще умѣренно дѣйствуетъ. Направленіе этого ряда новѣйшихъ кратеровъ рѣзко отличается отъ простиранія древнѣйшихъ изверженныхъ породъ: весь островъ, его горы и всѣ древнѣйшіе кратеры располагаются приблизительно съ юго-запада на сѣверо-востокъ; наоборотъ, кратеры прошлаго столѣтія идутъ съ запада на востокъ, параллельно линіи, которую можно провести черезъ острова Ферро, Гомера, Гранъ Канарья и Тенерифъ. По направленію этой трещины образовалось въ теченіи шести лѣтъ не менѣе 30 конусовъ; они состоятъ изъ лапилли и поднимаются въ высоту до 200—400 ф. (см. рис. 187).

Во время этихъ изверженій были выброшены огромныя массы лавы, относительно немного рыхлыхъ продуктовъ и, какъ кажется, мало водяныхъ паровъ. Конуса насыпаны камнями и шлаками, которые и вообще извергаются иногда въ большихъмассахъ. Что же касается вулканическаго пепла, который обыкновенно всею своею массой превосходитъ количество выбрасываемой лавы, то онъ отсутствуетъ; преобладающая роль принадлежитъ лавѣ; она занимаетъ площадь почти въ 3 кв. географическихъ мили. Современныя извѣстія почти не говорятъ объ огромныхъ столбахъ пара, о пепельныхъ облакахъ, затемняющихъ свѣтъ и превращающихъ деньвъ ночь; не упоминается также о землетрясеніяхъ, и лава, повидимому, при всей громадности ея массы выливалась спокойно. При описаніи этого изверженія говорится о выдѣленіи лавы трещинами, которое происходило совершенно также, какъ это бываетъ въ Исландіи. Со словъ *дона Андреа Лоренцо Курбета,* который былъсвященникомъ въ Яйсѣ, мѣстечкѣ, расположенномъ недалеко отъ мѣста изверженія, *Леопольдъ фонъ-Бухъ* такимъ образомъ описываетъ катастрофу, которая произошла за 85 лѣтъ до его посѣщенія Канарскихъ острововъ.

Рис. 187. Островъ *Ланцаротъ* съ рядомъ конусовъ, образовавшихся во время изверженія 1730—1736 года (рядъ идетъ съ запада на востокъ) и ихъ лавовыми потоками (по *Леоп. ф.-Буху*).

„1 сентября 1730 г., между 9 и 10 часами вечера въ двухъ часахъ пути отъ Яйсы у Чиманфайи внезапно явилась въ землѣ трещина. Въ теченіи слѣдующей ночи образовалась довольно значительная гора; изъ нея вырвался огонь (?) и горѣлъ, неперестававая, въ теченіи 19 дней. Нѣсколько дней спустя открылся новый кратеръ, — вѣроятно, у подножія новообразовавшагося конуса, и лава свирѣпо устремилась на Чиманфайю, Родео и на часть Манча Бланка. Такимъ образомъ, это первое изверженіе произошло къ востоку отъ Монтанья де Фуэго, въ полпути отъ Субако. Лава двигалась къ сѣверу черезъ деревни, сначала съ быстротою текущей воды, а потомъ тяжело и медленно, какъ медъ. 17 сентября съ страшнымъ громомъ и шумомъ выдвинулась изъ нѣдръ земли огромная скала. Преградивъ путь лавовому по-

току, она заставила его повернуть на сѣверо-западъ и сѣверо-сѣверо-западъ. Лава достигла теперь деревень Масетасъ и Санта Каталина и въ мгновеніе разрушила ихъ.

„11 сентября лава снова свирѣпствовала. Отъ Санта Каталина она направилась на Мако, сожгла и залила всю деревню и въ видѣ огненнаго лавопада съ ужаснымъ ревомъ лилась въ море въ теченіи восьми дней. Мертвыя рыбы безъ счета плавали на поверхности воды, и волны выбрасывали ихъ на берегъ. Послѣ этого все успокоилось. Не смотря на огромное количество лавы, залившей многія деревни и достигшей моря, изверженіе происходило, повидимому, только изъ одного отверстія. 18 октября надъ сгорѣвшей Санта Каталина открылось три новыхъ отверстія; они выбросили густыя тучи дыма, распространившіяся надъ всѣмъ островомъ. Вмѣстѣ съ дымомъ вылетѣли огромныя количества рапилли, вулканическаго песку и пепла; всюду западали крупныя капли воды, точно дождь. Шумъ и грохотъ изверженія, мракъ, распространяемый тучами пепла и дыма, неоднократно разгоняли перепуганныхъ жителей Яйсы и ея окрестностей. Впрочемъ они вскорѣ возвращались назадъ, полагая, что изверженіе не повлечетъ за собою новыхъ разрушеній. Все оставалось неизмѣннымъ въ теченіи десяти дней, но 28 октября во всей мѣстности скотъ вдругъ попадалъ на землю мертвымъ; онъ былъ убитъ вонючими парами, которые низвергались съ неба точно капли дождя. 30 октября все успокоилось: во время этого послѣдняго изверженія не было выброшено ни одного лавоваго потока.

„Два дня спустя, 1 ноября, опять вырвался дымъ и пепелъ. Изверженіе продолжалось до 20-го. Появилась и лава, но она не принесла большого вреда, такъ какъ все кругомъ было уже разрушено, сожжено и засыпано пепломъ. 27 ноября лавовый потокъ мчался съ невообразимой быстротою; 1 декабря онъ достигъ моря и образовалъ островъ, который былъ покрытъ мертвыми рыбами. До 16 лава изливалась въ море. Послѣ этого она измѣнила свой путь, направилась къ юго-западу, достигла Чупадеро и 17 декабря сожгла его; затѣмъ она опустошила плодородную Вега де-Уго и дальше не распространялась. 7 января произошли новыя разрушительныя изверженія: изъ двухъ отверстій вырвались огненные потоки лавы и густыя облака дыма; блестящія красныя и голубыя молніи поминутно прорѣзывали тучи, и громъ гремѣлъ, точно въ непогоду. Онъ тѣмъ болѣе пугалъ туземныхъ жителей, что на островѣ не знаютъ грозы. 10 января образовалась высокая гора, которая въ тотъ же день съ поразительнымъ трескомъ обрушилась и покрыла камнями и пепломъ весь островъ; огненныя рѣки лавы устремились черезъ Мальпайсъ (пустынное лавовое поле) къ морю. 27 января изверженіе прекратилось. Горы, образовавшіяся во время него, вѣроятно, еще существуютъ до сихъ поръ. Онѣ громоздятся другъ около друга и обладаютъ большими кратерами, которые открыты съ одной стороны сверху до самаго основанія. Если идти отъ моря, то это будетъ, кажется, седьмая по счету горная группа. Меня увѣряли, что подъ этими конусами, поднимающимися на 400 ф. въ высоту, погребена нѣкогда процвѣтавшая Санта Каталина.

„3 февраля поднялся новый конусъ. Родео былъ сожженъ, и лава достигла моря. Она лилась, не переставая, до 28 февраля. 7 марта появились новые конусы и выбросили лаву въ море къ сѣверу отъ селенія Тингафа, которое было разрушено. Конуса идутъ почти правильно отъ востока къ западу, какъ будто трещина вслѣдствіе изверженій дѣлалась все длиннѣе и открывала свободный выходъ лавѣ по направленію къ западу.“

Грозныя явленія не прекращались. и на западѣ появлялись все новые конуса; наконецъ, изверженія произошли и въ восточныхъ частяхъ трещины, гдѣ прежде была сосредоточена вулканическая дѣятельность. Въ концѣ декабря 1731 г. лава подошла близко къ мѣстечку Яйса; люди потеряли всякую надежду, что на островѣ настанетъ спокойствіе. Они покинули Ланцаротъ и бѣжали на Гранъ Канарью. Изверженія происходили еще въ теченіи года почти безъ всякихъ перерывовъ и совершенно прекратились только 26 апрѣля 1736 г. Съ тѣхъ поръ вулканы острова успокоились и не проявляли признаковъ дѣятельности вплоть до незначительнаго изверженія въ 1824 году.

Острова *Зеленаго Мыса* лежатъ къ югу отъ Канарскихъ, недалеко отъ устья р. Сенегала; они были впервые описаны *Дарвиномъ*, а въ послѣднее время ихъ подробно изслѣдовалъ *Дёльтеръ*. Въ геологическомъ строеніи этихъ острововъ наблюдается важная особенность: они образованы не исключительно вулканическими продуктами, а также гнейсами и другими кристаллическими сланцами, древнѣйшими известняками, діоритами, сіенитами и діабазами. Отсюда естественно предположить, что острова Зеленаго Мыса представляютъ остатокъ исчезнувшаго материка. На нѣкоторыхъ изъ нихъ находятся огромные конуса, на другихъ, повидимому, никогда не проявлялась болѣе или менѣе сильная вулканическая дѣятельность. Среди всѣхъ острововъ только одинъ Фого обладаетъ дѣйствующимъ вулканомъ, всѣ остальные принадлежатъ къ числу потухшихъ.

Наконецъ, существуютъ сообщенія, что острова у берега Сіерра Леоне носятъ вулканическій характеръ и что нѣсколько южнѣе, подъ 7° с. ш. и 4° в. д. отъ Ферро произошло въ 1824 г. подводное изверженіе.

Въ западной части Атлантическаго океана мы найдемъ немного вулкановъ. Было уже указано, что на восточномъ берегу Америки нѣтъ и слѣдовъ вулканическихъ изверженій. Если не считать островъ *Фернандо Норонью*, лежащій 3°50′ ю. ш., въ 45 географическихъ миляхъ отъ мыса С. Рока въ Бразиліи, то придется прямо указать на Вестъ-Индскіе острова, какъ на одну изъ вулканическихъ областей. Въ 1837 г. 24 ноября произошло подводное изверженіе около *Багамы*. Особаго вниманія заслуживаютъ вулканическіе *Малые Антильскіе* острова, расположенные въ видѣ изогнутаго ряда между Венецуэлой и Порто Рико. Что касается острововъ *Гранады, Св. Винцента, Санта Лючія, Мартиника, Доминика, Гваделупа, Монферрата, Невиса, Св. Христофа* и *Св. Евстахія*, то всѣ они обязаны своимъ происхожденіемъ новѣйшимъ вулканическимъ изверженіямъ; на островахъ же Св. Винцента, Санта Лючія, Мартиника, Гваделупа и Св. Христофа происходили изверженія и въ теченіи послѣднихъ столѣтій. Особенно любопытенъ вулканъ Суфріеръ на Гваделупѣ; онъ выбрасывалъ лавы съ выдѣленными зернами кварца.

Вулканы Европы, лежащіе за предѣлами Италіи.

Мы привели все, что намъ извѣстно о вулканахъ Атлантическаго океана. Теперь обратимся къ *Европѣ* и прежде всего остановимъ наше вниманіе на вулканахъ материка. Здѣсь прежде всего мы встрѣчаемъ потухшіе вулканы въ средней и южной Франціи. На берегу Средиземнаго моря у города *Агдъ*, въ департаментѣ Геро (Hérault), располагаются незначительные вулканы; такіе же вулканы находимъ мы и у *Монпелье*.

Несравненно бо́льшаго вниманія заслуживаетъ *центральное плато* Франціи съ его многочисленными конусами. Въ исторіи геологіи имъ принадлежитъ чрезвычайно важная роль: благодаря обстоятельному изученію этихъ вулкановъ, былъ рѣшенъ ожесточенный споръ о происхожденіи базальтовъ. Центральное плато Франціи поднимается около 1000 м. надъ уровнемъ моря и состоитъ изъ древнѣйшихъ кристаллическихъ горныхъ породъ, главнымъ образомъ изъ гранита. Мѣстами встрѣчаются здѣсь и прѣсноводныя третичныя отложенія; надъ ними возвышаются новѣйшія изверженныя породы, которыя по ихъ расположенію, а отчасти и по возрасту, распадаются на двѣ различныхъ группы. Съ одной стороны мы находимъ здѣсь большіе вулканическіе центры, занимающіе значительныя пространства и образующіе цѣлыя системы горъ; это древніе вулканы третичнаго періода: дѣйствіемъ размыванія кратеръ ихъ разрушился, и вмѣстѣ съ тѣмъ исчезли всякіе внѣшніе признаки ихъ вулканическаго происхожденія. Съ другой стороны, здѣсь встрѣчается огромное число мелкихъ вулкановъ. Они представляютъ отдѣльные конуса, часто

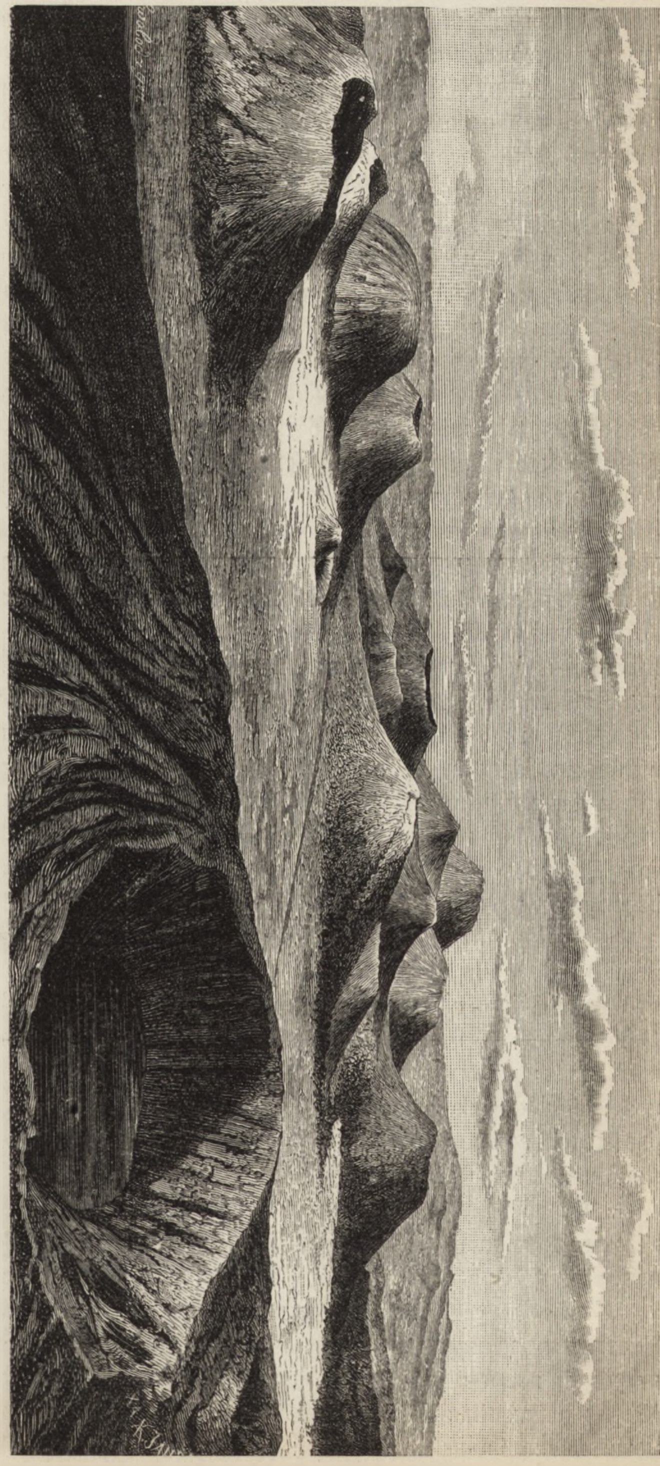


Рис. 188. Вулканы Оверни; видъ съ Пюи Шопина.

съ хорошо сохранившимися кратерами и накопленіями рыхлыхъ продуктовъ. Подобно Флегрейскимъ полямъ у Неаполя, эти вулканы имѣли въ большинствѣ случаевъ только одно изверженіе; значительная часть ихъ образовалась, видимо, недавно. Только тѣ изъ этихъ конусовъ, которые потеряли свой кратеръ, дѣйствовали, вѣроятно, въ одно время съ большими вулканами и должны быть отнесены къ третичному періоду. Но во всякомъ случаѣ огромное большинство ихъ образовалось въ позднѣйшее время, и мы имѣемъ даже несомнѣнныя доказательства, что человѣкъ былъ свидѣтелемъ ихъ изверженій: среди вулканическихъ брекчій, прикрытыхъ шлаками позднѣйшаго происхожденія, у Монъ Дениса въ Виварэ, найдены кости человѣка вмѣстѣ съ остатками слоновъ, носороговъ и гіенъ. По одному довольно сомнительному сообщенію въ окрестностяхъ Віенны происходило изверженіе еще въ средніе вѣка.

Самые важные вулканы средней Франціи принадлежатъ *Оверни* (см. рис. 188). Здѣсь мы находимъ три огромныхъ разрушенныхъ кратера третичнаго періода. На сѣверѣ располагается высочайшая изъ этихъ горъ *Монъ Доръ*, состоящая изъ трахитовъ и базальтовъ и достигающая 1890 м. въ высоту. Къ югу отъ нея лежитъ *Канталь;* онъ ниже Монъ Дора (1861 м.), но занимаетъ огромную площадь. Наконецъ, значительно южнѣе расположенъ третій небольшой вулканъ *Кантонъ д' Обракъ*. Эти остатки третичныхъ вулкановъ не имѣютъ для насъ значенія, такъ какъ цѣль наша—прослѣдить новѣйшія вулканическія явленія. Два ряда недавно дѣйствовавшихъ вулкановъ, такъ называемыхъ „Пюи", располагаются къ сѣверо-востоку отъ Монъ Дора. Они идутъ съ сѣвера на югъ и представляютъ около 40 характерныхъ кратеровъ,—отчасти базальтовыхъ, отчасти трахитовыхъ. Нѣкоторые изъ нихъ выбросили значительные потоки лавы. Кромѣ того, здѣсь же мы встрѣчаемъ купола, у которыхъ кратеръ отсутствуетъ. Это — древнія вулканическія горы, изверженія которыхъ относятся, повидимому, къ третичному періоду. Части, образованныя рыхлыми продуктами, были съ теченіемъ времени размыты. Наиболѣе замѣчательнымъ представителемъ этой группы является Пюи де-Домъ. Нѣкоторые кратеры дали у подножія трещину, выбросившую потоки лавы, нѣкоторые заполнены въ настоящее время водой и образуютъ живописныя озера.

Въ противоположность большинству разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ случаевъ, вулканы Оверни располагаются въ значительномъ отдаленіи отъ моря; полагаютъ, что въ верхне-третичную эпоху здѣсь существовали большія прѣсноводныя озера. Присутствіе въ этой мѣстности третичныхъ вулкановъ объясняется такимъ допущеніемъ, но трудно предположить, что упомянутыя озера существовали и во время позднѣйшихъ изверженій. Во всякомъ случаѣ не слѣдуетъ упускать изъ виду, что разсматриваемые вулканы удалены отъ моря не больше, чѣмъ Попокатепетль, и меньше, чѣмъ вулканъ Толима въ Америкѣ.

Къ востоку отъ знаменитой вулканической области Оверни располагаются развалины третичнаго вулкана Мезенъ и кратеры мѣстностей Велэ и Виварэ; здѣсь мы находимъ болѣе ста отверстій, черезъ которыя выбрасывались изверженныя массы.

Еще менѣе слѣдовъ вулканической дѣятельности представляетъ *Германія*. Третичныя изверженныя породы здѣсь очень распространены: онѣ тянутся въ видѣ широкой полосы отъ Рейна черезъ Вестервальдъ, Фогельсбергъ и Рёнъ до Кобурга. На продолженіи этой полосы лежатъ мощные базальты, образующіе въ Чехіи подножіе Исполиновыхъ горъ и продолжающіеся въ Силезію. Ихъ отроги, дѣйствовавшіе въ послѣтретичное время, не достигали большой высоты. Несравненно

больше значенія имѣютъ тѣ вулканы, которые составляютъ западное продолженіе вышеупомянутой полосы и располагаются по ту сторону Рейна въ Эйфелѣ. Въ большинствѣ случаевъ мы находимъ здѣсь только первыя проявленія вулканической дѣятельности, слабыя попытки вулканообразованія, если можно такъ выразиться, и тѣмъ не менѣе эти образованія представляютъ огромнѣйшій интересъ: незначительные размѣры такихъ простѣйшихъ представителей вулкановъ позволяютъ подмѣтить всѣ свойства вулканическихъ явленій несравненно легче, чѣмъ въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ огромныя массы изверженныхъ матерьяловъ, быстрота, сила и сложность явленій затрудняютъ наблюденія.

Вулканы Эйфеля располагаются на пластахъ древнихъ девонскихъ осадочныхъ породъ, которыя въ этой мѣстности широко распространены. По своему расположенію они распадаются на двѣ группы,—вулканы Эйфеля въ собственномъ смыслѣ и вулканы Лаахерскаго озера. Древнѣйшія изверженія ихъ относятся къ міоценовой эпохѣ, главныя же массы образовались значительно позднѣе: онѣ моложе долинъ, промытыхъ рѣками, и лежатъ иногда на дилювіальномъ лёссѣ и даже на отложеніяхъ болѣе поздняго времени. Сохранился цѣлый рядъ вулканическихъ конусовъ съ характерными кратерами и отчасти съ лавовыми потоками. Таковы, напр., Мозенбергъ у Бреттенфельда, Фирмерихъ у Дауна, вулканъ у Герольштейна, вулканы Беллербергъ, Херхенбергъ, Родербергъ у Роландсъэкка и многіе др. Но не въ нихъ заключается главный интересъ мѣстности: здѣсь мы находимъ своеобразные *„маары“*, которыя ни въ какой другой странѣ не выражены такъ хорошо. Они представляютъ чрезвычайно простую форму отверстій, выбрасывавшихъ вулканическіе продукты. Это кратероподобныя котловины, непосредственно располагающіяся въ древнихъ осадочныхъ породахъ, въ большинствѣ случаевъ въ глинистыхъ сланцахъ девонской системы. Стѣны котловинъ состоятъ изъ твердой породы, которая располагается кругомъ; иногда около отверстія находится невысокій вѣнокъ шлаковъ, иногда здѣсь нагромождены обломки сланцевъ и песчаниковъ, а иногда нѣтъ ни того, ни другого. Многія изъ этихъ котловинъ наполнились водою и образовали озера. Самымъ большимъ мааромъ является Лаахерское озеро, которое, по мнѣнію нѣкоторыхъ геологовъ выбросило лавовый потокъ Нидермендига. Оно занимаетъ площадь въ $^1/_6$ кв. мили и окружено главнымъ образомъ отложеніями девонской системы и лежащими надъ ними пластами бураго угля, а отчасти шлаками и туфомъ, располагающимися на лёсѣ. Другіе маары обладаютъ меньшими размѣрами. Къ числу наиболѣе значительныхъ принадлежатъ Пульвермааръ, Гилленфельдскій, Вейнфельдскій, Ильменскій, Доунскій, Моорбрукскій, Меерфельденскій, и др. маары. Одинъ изъ нихъ имѣетъ всего нѣсколько футовъ въ поперечникѣ и называется по нѣмецки „Hütsche“. Происхожденіе мааровъ вполнѣ основательно приписываютъ тѣмъ вулканическимъ изверженіямъ, которыя не выбрасывали лавы и ограничивались бурнымъ выдѣленіемъ газовъ. Образовавшіеся при этомъ кратеры выбросили слишкомъ немного рыхлыхъ продуктовъ и не могли насыпать сколько-нибудь значительнаго конуса. Небольшія количества твердаго матерьяла, выдѣлившагося при изверженіяхъ, пропали безслѣдно.

Вулканы Эйфеля въ большомъ количествѣ выбрасывали пемзу, которая и распространена здѣсь на огромныхъ пространствахъ. Своеобразнымъ продуктомъ ихъ изверженій является такъ называемый трассъ. Это особый видъ туфа, который въ окрестностяхъ Лаахерскаго озера, именно около Броля, въ области рѣки Нетты, и еще въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, образуетъ мощные пласты и служитъ прекраснымъ матері-

аломъ для приготовленія цемента. Эта горная порода имѣетъ сходство съ пемзовыми туфами; она представляетъ желтую или сѣрую землистую массу, въ которой часто заключены куски пемзы, часто также обломки глинистыхъ сланцевъ, базальта и даже кристаллы санидина, роговой обманки, авгита и др. По всей вѣроятности, это древніе потоки вулканической грязи, заполнившіе долины и въ свою очередь размытые рѣками.

Западный конецъ базальтовой области средней Германіи, а также и сѣверной Чехіи сохраняетъ слѣды послѣтретичныхъ изверженій, какъ это и показалъ *Гете* на примѣрѣ Каммербюля у Эгера. На глинистыхъ сланцахъ тамъ возвышается шлаковый конусъ; вмѣстѣ съ многочисленными базальтовыми бомбами онъ свидѣтельствуетъ о существованіи вулканическихъ взрывовъ въ этой мѣстности. Въ австрійской Силезіи располагается три вулканическихъ конуса — Раутенбергъ, Кёллербергъ и вулканъ у Мессендорфа. Въ Венгріи у южнаго края Карпатовъ находятся огромныя массы третичныхъ трахитовъ, но никакого намека на существованіе послѣтретичныхъ трахитовъ, но никакого намека на существованіе послѣтретичныхъ изверженій. Напротивъ того, въ Седмиградіи извѣстно нѣсколько трахитовыхъ кратеровъ, которые въ настоящее время обнаруживаютъ дѣятельность, свойственную слабымъ сальфатарамъ.

Сравнительно съ материкомъ Европы гораздо больше потухшихъ вулкановъ находится на *островахъ и полуостровахъ Средиземнаго моря*. Въ *Испаніи*, въ окрестностяхъ города Олота въ Каталоніи извѣстно около 14 потухшихъ кратеровъ; въ юго-восточной Испаніи между мысомъ св. Мартина у Карѳагена и мысомъ Кабо де-Гата близъ Альмеріи, тянется вдоль рядъ потухшихъ конусовъ, кратеры которыхъ иногда хорошо сохранились. Наконецъ, острова Колумбретесъ у Валенсіи представляютъ много потухшихъ вулкановъ съ полуразрушенными кольцевыми валами. Къ востоку отсюда располагается островъ Сардинія, съ огромнымъ потухшимъ вулканомъ Монте Ферру. Далѣе слѣдуютъ уже извѣстные намъ вулканы Аппенинскаго полуострова и прилегающихъ къ нему острововъ.

На всемъ протяженіи Іоническаго и Адріатическаго морей нѣтъ ни одного новаго вулкана. Даже на Балканскомъ полуостровѣ, гдѣ изверженныя породы третичнаго періода достигаютъ огромнаго развитія, извѣстенъ только одинъ вулканъ, дѣйствовавшій въ историческое время. Это — Меѳана на сѣверо-восточномъ берегу Пелопонеса. Наоборотъ, Эгейское море чрезвычайно богато вулканами, которые прорѣзываютъ его въ видѣ длиннаго ряда. Третичныя трахитовыя породы встрѣчаются уже у Босфора; онѣ занимаютъ участіе въ строеніи береговъ Дарданеллъ и достигаютъ огромнаго развитія на островахъ и на берегу Малой Азіи, въ сѣверной части Эгейскаго моря. На Тенедесѣ, Лемносѣ, Имбросѣ, въ окрестностяхъ Смирны до Чесмы залегаютъ всюду трахитовыя изверженныя массы вмѣстѣ съ прѣсноводными известняками міоценовой эпохи. Что касается новѣйшихъ изверженныхъ породъ, то во всей этой области неизвѣстно и слѣда ихъ.

Иной характеръ носитъ южный берегъ Эгейскаго моря. *Кикладскіе острова*, образующіе гребень подводнаго горнаго хребта, тянутся въ видѣ широкаго двойного ряда отъ Аттики и Эвбеи къ Малой Азіи. Они служатъ границей между южной и сѣверной частями Эгейскаго моря и раздѣляютъ области, рѣзко отличающіяся характеромъ изверженныхъ породъ. Прѣсноводные міоценовые известняки встрѣчаются и въ южной части моря, но, насколько извѣстно, они не сопровождаются трахи-

тами. Изверженiя этой мѣстности происходили послѣ третичнаго перiода и даже въ наше время. Далѣе будетъ доказано, что въ мiоценовую эпоху Эгейское море не существовало; на мѣстѣ его располагался материкъ съ многочисленными прѣсноводными озерами. Южная часть этого моря, ограниченная съ сѣвера Кикладскими остро-

Рис. 189. Группа Санторина въ Эгейскомъ морѣ (по Фуке).

вами, съ юга—Критомъ, съ востока—Малой Азiей и съ запада—Грецiей, образовалась въ концѣ третичнаго перiода: древнiй материкъ опустился вдоль глубокихъ трещинъ, и образовавшаяся впадина была заполнена водой. Очень можетъ быть, что свидѣтелемъ этого переворота, совершившагося въ столь недавнее время, былъ даже человѣкъ. Новѣйшiя изверженныя породы достигаютъ преобладающаго развитiя въ сѣверной части этого вновь образовавшагося моря, главнымъ образомъ на южной сторонѣ Кикладской цѣпи. Геологическiя особенности острова Коса позволяютъ думать, что изверженiя начались уже въ началѣ плiоценовой эпохи, но достигли наибольшаго развитiя только въ послѣтретичное время.

Рядъ греческихъ вулкановъ начинается на сѣверо-восточномъ берегу Пелопонеса полуостровомъ *Меѳана*, гдѣ происходило изверженіе еще въ 375 г. передъ Р. Х. Невдалекѣ отсюда располагаются острова *Поросъ* и *Эгина;* далѣе къ востоку слѣдуютъ *Белопуло, Курави, Фальконера, Антимилосъ, Милосъ, Кимолосъ, Полиносъ, Поликандросъ, Антипаросъ, Санторинъ, Христіана, Косъ* и *Низиросъ*.

Едва-ли не самымъ важнымъ среди нихъ является *Санторинъ*, одинъ изъ прекрасно изученныхъ вулканическихъ островов (см. рис. 189); онъ издавна пользовался извѣстностью, но въ послѣднее время, благодаря изверженію 1866 г., особенно привлекъ общее вниманіе. Группа Санторина или Тера состоитъ изъ нѣсколькихъ островов. Главный островъ Тера обладаетъ формою подковы. Вмѣстѣ съ островами Теразія и Аспронизи (Бѣлый островъ) онъ представляетъ разорванное въ нѣсколькихъ мѣстахъ кольцо; внутри послѣдняго лежитъ множество мелкихъ островковъ: Палеа Каймени, Неа Каймени, Микра Каймени (Древній, Новый и Малый Горѣлые острова) и, наконецъ, крошечный островокъ Майонизи. Всѣ эти острова образованы вулканическими горными породами; исключеніемъ служитъ только Тера, на восточномъ берегу котораго располагается большая гора Ильи, состоящая изъ кристаллическихъ сланцевъ и мрамора. Внѣшнее кольцо этой группы считали кратерами поднятія, внутри котораго путемъ накопленія изверженныхъ продуктовъ образовались мелкіе острова. Но точныя изслѣдованія показали, что въ островахъ Тера, Теразія и Аспронизи одни пласты лавы, пепла и шлаковъ лежатъ горизонтально, другіе въ большей или меньшей степени наклонены. Этотъ фактъ, равно какъ и цѣлый рядъ другихъ явленій, не согласовались съ теоріей поднятія. Несомнѣнно, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ кольцомъ, образовавшимся путемъ накопленія. Обстоятельныя изслѣдованія послѣдняго времени съ тѣми сообщеніями, которыя мы находимъ у древнихъ писателей, позволили возстановить исторію образованія Санторина съ достаточною точностью. Въ концѣ пліоценовой эпохи здѣсь существовалъ небольшой скалистый островъ, состоящій изъ сланца и мрамора, — современная гора Ильи. Еще въ пліоценовую эпоху начались изверженія къ западу отъ этого мѣста; они продолжались въ теченіи большей части дилювіальной (ледниковой) эпохи и образовали огромный вулканическій конусъ; онъ занялъ столь большую площадь, что слился съ древнимъ скалистымъ островкомъ. Остатки этого конуса и выдвигаются теперь въ видѣ островов Тера, Теразія и Аспронизи. Этотъ вулканъ существовалъ и въ то время, когда группа Санторина была заселена людьми, стоявшими уже не на самыхъ низкихъ ступеняхъ культуры. Но ни одного письменнаго памятника этого времени не дошло до насъ.

Существованіе населенія въ это время доказано изслѣдованіями *Фуке;* въ послѣдній бурный періодъ вулканической дѣятельности, закончившійся разрушеніемъ большого конуса, были выброшены, повидимому, огромныя массы пемзы: въ низменныхъ частяхъ Теры и Теразіи она образуетъ мощные залежи, добывается здѣсь въ большихъ количествахъ и идетъ на приготовленіе цемента. Рабочіе уже давно замѣчали, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ подъ рыхлою туфовою породою попадаются каменныя глыбы, сильно затрудняющія работу; этому факту не придавалось никакого значенія до тѣхъ поръ, пока нѣкоторые образованные жители острова не зямѣтили въ туфахъ слѣды построекъ и не начали раскопокъ. Были найдены остатки домовъ, сложенныхъ изъ необтесаннаго камня, глиняные сосуды, приготовленные на гончарномъ станкѣ, но не обожженные, и каменныя орудія. Сохранившіеся запасы ячменя и оливъ указы-

ваютъ, что жители занимались земледѣліемъ. Изъ домашнихъ животныхъ найдены остатки овецъ и козъ. Огромное количество дерева, употреблявшагося на постройки,

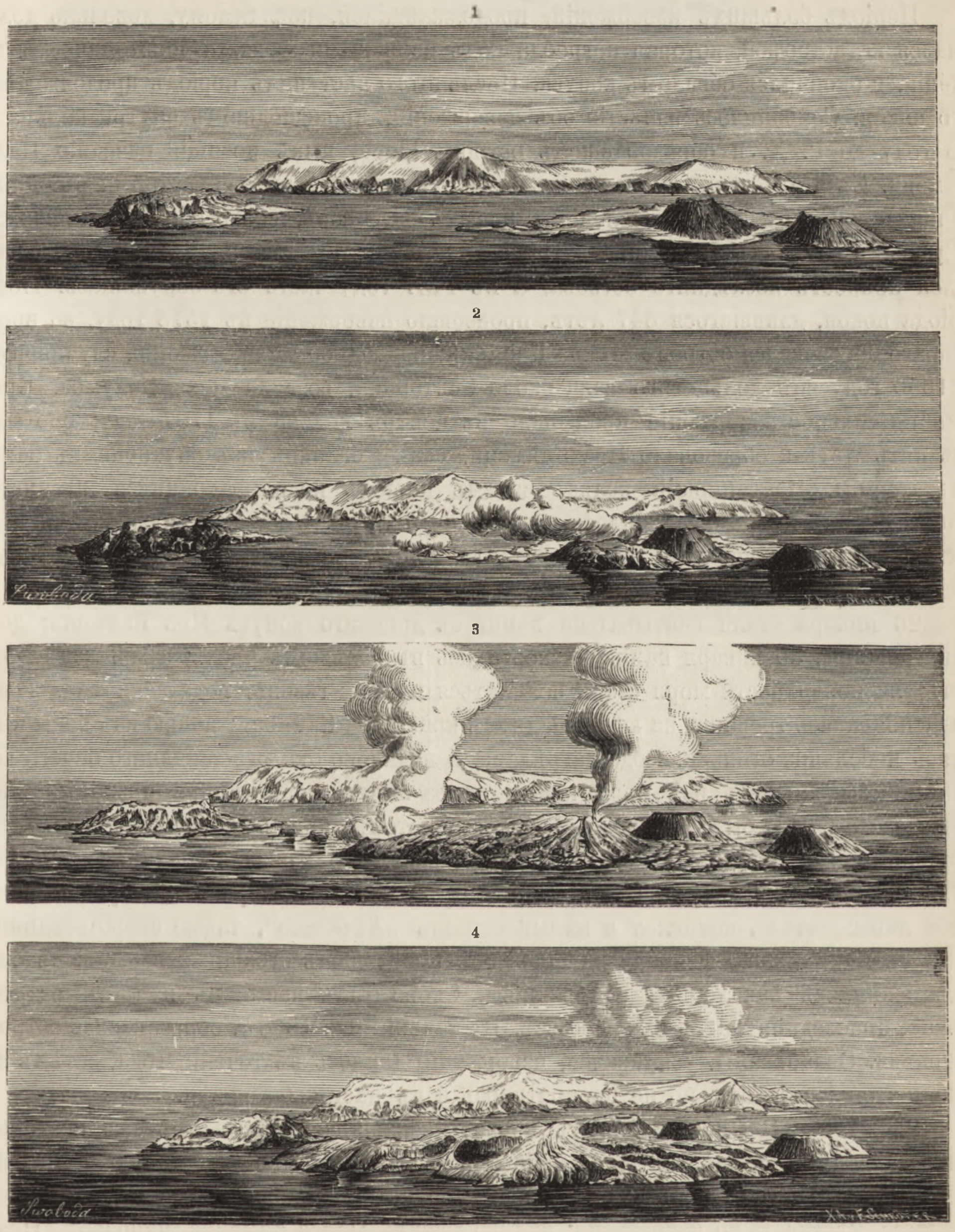


Рис. 190—193. 1) Острова Каймени до изверженія, 2) и 3) во время изверженія, 4) послѣ изверженія 1866 г.; на заднемъ планѣ островъ Теразія (по Фуке).

указываетъ, что островъ, на которомъ теперь растетъ всего только одно дерево, былъ нѣкогда покрытъ густыми лѣсами. Два золотыхъ кольца, добытыя при раскопкахъ, свидѣтельствуютъ, что жители вели морскую торговлю. Остатки подобныхъ деревень найдены на островахъ Тера и Теразія; отсюда несомнѣнно, что въ доисторическое время на островахъ существовало многочисленное населеніе, занимавшееся землед-

ліемъ и скотоводствомъ. Послѣдовавшими затѣмъ грозными изверженіями оно было уничтожено или разогнано.

Періодъ большихъ изверженій, продолжавшійся, повидимому, довольно долго, начался катастрофой, которая погребла подъ пемзовыми массами доисторическія поселенія, и окончился обваломъ конуса. Послѣ этого наступилъ періодъ продолжительнаго покоя. Сохранилось извѣстіе объ изверженіи, происшедшемъ внутри кольца въ 198 году до Р. Х. и образовавшемъ островъ Гіера, нынѣ носящій названіе Палеа Каймени. Съ этихъ поръ происходилъ рядъ бурныхъ изверженій, которыя въ однихъ случаяхъ сопровождались появленіемъ новыхъ острововъ, скоро опять исчезавшихъ, въ другихъ случаяхъ увеличивали Палеа Каймени: такъ, напр., въ 726 году совершился приростъ послѣдняго острова, а въ 1457 году часть его обрушилась. Послѣ періода покоя, длившагося 847 лѣтъ, произошло изверженіе въ 1573 году, во время котораго образовался островъ Микра Каймени; подводное же изверженіе, случившееся въ 1650 году внѣ кольцевого вала около Санторина, создало мель Колумба. Чрезвычайно сильное изверженіе произошло въ центрѣ кольца въ 1707 году; оно длилось пять лѣтъ и образовало Неа Каймени, самый большій изъ внутреннихъ острововъ группы. Наступившій вслѣдъ затѣмъ періодъ покоя закончился 26 января 1866 года; въ это время случилось изверженіе, которымъ начался послѣдній періодъ дѣятельности вулкана; хотя онъ и идетъ къ концу, но время отъ времени и теперь еще даетъ себя чувствовать.

26 января стали скатываться камни съ древняго конуса Неа Каймени; дома дали трещины. 30 января камни низвергались въ большемъ числѣ; слышался глухой шумъ; на поверхности моря стали появляться пузыри газовъ, вода закипѣла. 1 февраля появилась трещина на юго-западномъ краю Неа Каймени; ночью изъ воды вырвались небольшіе огоньки. Вода нагрѣлась, и недалеко отъ юго-западнаго берега Неа Каймени выдвинулась изъ моря черная глыба лавы; скоро къ ней присоединились другія глыбы. Это былъ подводный лавовый потокъ, поднявшійся наверхъ и образовавшій новый островъ „Георгіосъ“, который уже 5 февраля соединился съ Неа Каймени. Къ юго-западу отъ него изъ нѣдръ кипящаго моря выдвинулась новая глыба лавы; затѣмъ появился и цѣлый островъ „Афроэсса“, также скоро соединившійся съ Каймени. 20 февраля на Георгіосѣ произошелъ страшный взрывъ; въ воздухъ поднялись накаленныя глыбы лавы. Скоро былъ насыпанъ и третій островъ „Река“, присоединившійся къ Афроэссѣ. Въ теченіи мая 1866 г. образовались острова Майонизи. Ослабѣвая и усиливаясь, изверженіе длилось въ теченіи года, затѣмъ постепенно стало стихать, но не прекратилось и въ настоящее время.

Рис, 190—193 представляютъ новообразовавшіеся острова въ ихъ постепенномъ развитіи. Всѣ они сняты съ одного и того же мѣста на Терѣ; вдали на заднемъ планѣ виденъ островъ Теразія, часть древняго кольцевого вала. Рис. 190 представляетъ мѣстность до изверженія: налѣво лежитъ Палеа Камейни, направо — Неа и Микра Каймени; на рисункѣ они кажутся однимъ островомъ, но въ дѣйствительности ихъ раздѣляетъ проливъ. Рис. 191 представляетъ появленіе Георгіоса; на рис. 192 изображенъ значительно увеличившійся Неа Каймени; между этимъ островомъ и Пале-Каймени появились двѣ незначительныя скалы, впервые описаныя Фритчемъ и названныя островами Майонизи; наконецъ, рис. 193 представляетъ мѣстность въ 1870 г.: Неа Каймени сильно увеличился; на рисункѣ онъ закрываетъ острова Майонизи, и всѣ три Каймени кажутся однимъ островомъ.

О другихъ греческихъ островахъ можно сказать немного. *Милосъ* только отчасти состоитъ изъ изверженныхъ горныхъ породъ и находится въ той стадіи дѣятельности, которая свойственна такъ называемымъ сольфатарамъ. На островѣ Косѣ находится много небольшихъ трахитовыхъ вулкановъ, изъ которыхъ два являются слабыми сольфатарами. Особеннаго вниманія заслуживаетъ значительная ріолитовая гора Цени, которая, повидимому, выбросила огромныя массы пемзы и пепла. Во всякомъ случаѣ на Косѣ находятся древнія дилювіальныя морскія отложенія, которыя состоятъ изъ пемзоваго туфа и мощность которыхъ убываетъ по мѣрѣ удаленія отъ Цени. *Низиросъ* — живописный вулканъ, рѣзко выдѣляющійся своими черными массами среди голубыхъ волнъ моря и обладающій хорошо образованнымъ кратеромъ. Онъ произвелъ изверженіе въ 15 столѣтіи и снова обнаружилъ дятельность въ 70 годахъ нашего вѣка. Въ 1873 г. происходили сильныя землетрясенія; собственно изверженія не было, и надъ вершиной не появилось даже и слѣдовъ дыма или паровъ. По свидѣтельству Росса, который поднимался на этотъ вулканъ, послѣдній проявляетъ въ сильной степени дѣятельность, свойственную сольфатарамъ. Расположенный вблизи отъ Низироса островъ Яли, повидимому, не имѣетъ самостоятельнаго кратера; онъ образованъ туфами, которые произошли изъ продуктовъ изверженій Низироса или Цени на Косѣ *).

Вулканы Азіи, восточной Африки и Индѣйскаго океана.

Полуостровъ Малая Азія богатъ изверженными горными породами, но представляетъ только немного новѣйшихъ, по большей части потухшихъ, кратеровъ. Любопытно, что всѣ они лежатъ внутри страны, вдали отъ береговъ. Къ востоку отъ Смирны, приблизительно въ 15 миляхъ отъ этого города, располагается вулканическая область съ многочисленными конусами, еще въ древности получившая названіе *Катакекаумене* (Сожженная земля). Но только на трехъ конусахъ можно видѣть явственный кратеръ и лавовые потоки. Къ востоку отсюда, также на разстояніи приблизительно 15 миль у *Афіунъ-Кара-Гиссаръ,* располагаются другіе потухшіе вулканы; далѣе лежитъ *Гассанъ-Дагъ* (2400 м. въ высоту) и, наконецъ, *Аргеусъ* или *Эрджасъ-Дагъ* (3841 м.).

Огромнаго развитія достигаютъ трахитовыя и базальтовыя горныя породы на *Армянскомъ плоскогоріи* и на *Кавказѣ.* У Эрзерума располагаются два огромныхъ вулкана: Бингёль и Палантекенъ. Въ строеніи кратера послѣдняго принимаютъ участіе осадочныя и древнія кристаллическія горныя породы. Какъ мы видѣли уже на стр. 175, этотъ фактъ служилъ однимъ изъ доводовъ въ пользу теоріи поднятія; далѣе слѣдуетъ назвать огромную гору *Тандурекъ* (3560 м.), которая и въ настоящее время является сольфаторой. Недалеко отъ Карса лежитъ Карабахское плоскогоріе съ вулканами, выбросившими мощные потоки лавы: въ настоящее время кратеры ихъ заполнены водой и образовали озера. Далѣе слѣдуетъ отмѣтить вулканы, *Агманганъ, Чалдыръ, Алагезъ, Агдагъ, Багдагъ* и, наконецъ, царя армянскаго плоскогорья — *Араратъ.* Большой Араратъ, достигающій въ высоту 5604 м., дѣйствовалъ до 15 столѣтія и выбросилъ огромныя массы лавы, преимущественно изъ ниж-

---

*) Грязные вулканы разсматриваются ниже, въ главѣ о гейзерахъ. Тамъ мы скажемъ и о русскихъ вулканахъ Керченскаго и Таманскаго полуострововъ.

Прим. перев.

нихъ частей своихъ склоновъ. Малый Араратъ вылилъ также много лавы *). На Кавказѣ мы встрѣчаемъ нѣсколько большихъ потухшихъ вулкановъ. Среди нихъ первое мѣсто занимаютъ высочайшія вершины хребта *Эльбрусъ* (5660 м.) и *Казбекъ* (5043 м.); оба они характеризуются явственно выраженными кратерами.

Въ *Персіи* находится огромный вулканъ Демавендъ. Онъ проявляетъ еще и теперь дѣятельность, свойственную сольфатарамъ и иногда выражающуюся появленіемъ облака паровъ надъ его вершиной. По всѣмъ вѣроятіямъ этотъ вулканъ давалъ изверженія еще въ историческое время. Онъ является высочайшею вершиной хребта Эльбурсъ, окаймляющаго Каспійское море съ юга, и достигаетъ приблизительно 6500 м. высоты. Выше (стр. 174) мы уже упоминали объ этой замѣчательной горѣ, представляющей прекрасный примѣръ вулкана, который располагается на горной цѣпи и нисколько не измѣняетъ ея строенія. Это служитъ очевиднымъ доказательствомъ того, что огнеды-

---

*) *Араратъ* (по-персидски „*Куги Нухъ*"—Ноева гора, по-армянски „*Мазисъ*,"—„Великій" по турецки—*Агри-Дагъ*—Крутая гора) величественно поднимается посреди обширной равнины (на границѣ Россіи, Персіи и Турціи) и занимаетъ площадь въ 1020 кв. км. Онъ совершенно отдѣленъ отъ другихъ горъ, прорѣзывающихъ Армянское плоскогоріе, и имѣетъ двѣ коническихъ вершины, соединенныхъ довольно высокой грядой (до 2689 м.): западная называется Большимъ, а восточная—Малымъ Араратомъ.

Большой Араратъ поднимается на 5600 м. надъ уровнемъ моря. Снѣговая линія проходитъ на немъ на высотѣ 4300 м., и такимъ образомъ вершина горы покрыта вѣчнымъ снѣгомъ. Кратера на ней не наблюдается, но на сѣверъ идетъ широкая расщелина. Она рѣзко выступаетъ изъ-подъ снѣгового покрова своими черными краями, составленными изъ вулканическихъ шлаковъ. Вершина конуса огибаетъ глубокую и дикую долину св. Іоакова, на которую одни смотрятъ, какъ на длинную трещину, другіе ставятъ ее въ такое же отношеніе къ Арарату, какъ долину Валь дель Бовѣ къ Этнѣ. На южной сторонѣ располагается долина, спускающаяся къ Баязету. По обѣимъ долинамъ ползутъ внизъ настоящіе альпійскіе ледники.

Малый Араратъ поднимается только на 4000 м. и не достигаетъ снѣговой линіи. Онъ имѣетъ форму усѣченной четырехгранной пирамиды. Склоны его,—болѣе крутые, чѣмъ у Большого Арарата,—покрыты вулканическимъ пескомъ.

У подножія Большого Арарата и на его склонахъ видны обширные лавовые потоки спускающіеся къ Араксу. На берегахъ этой рѣки можно наблюдать мощныя стѣны лавы. Нѣкоторые изъ потоковъ Арарата достигаютъ побочнаго конуса *Корніаросъ*, расположеннаго къ западу. Послѣдній не уступаетъ своими размѣрами Везувію, а лавы его занимаютъ площадь болѣе 55 кв. км.

О вулканической дѣятельности Арарата извѣстно немного. Въ 341 г. по Р. Х. произошло землетрясеніе въ Арменіи. По сообщенію *св. Ефрема*, епископа Едесскаго, Армянскія горы сначала удалились другъ отъ друга, а потомъ сблизились съ страшнымъ трескомъ. Изъ нѣдръ ихъ вырвались пламя и дымъ. Въ 1319 г. страшное землетрясеніе разрушило много городовъ и деревень вблизи Арарата и погубило древнюю столицу Арменіи Ани, развалины которой находятся въ Александропольскомъ уѣздѣ Эриванской губерніи. Послѣдняя грозная катастрофа происходила въ 1840 г., 20—24 іюня. Послѣ сильнаго землетрясенія огромныя массы скалъ, снѣга и льда обрушились съ вершины Арарата и произвели въ его окрестностяхъ сильныя опустошенія. *Абихъ*, которому мы обязаны обстоятельными изслѣдованіями Арменіи, разсматриваетъ это явленіе, какъ простой обвалъ, вызванный землетрясеніемъ. Но по мнѣнію *Морица Вагнера*, посѣтившаго Араратъ вскорѣ послѣ катастрофы, всѣ частности происшедшаго переворота, равно какъ и точное изслѣдованіе охваченной имъ мѣстности, опровергаютъ объясненія Абиха: повидимому, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ настоящимъ изверженіемъ. Вотъ какъ описываетъ его *М. Вагнеръ* (сокращено):

„20 іюня 1840 г., за полчаса до захожденія солнца жители Арменіи были перепуганы громоподобнымъ звукомъ, который болѣе всего ощущался вблизи Большого Арарата. Два часа продолжались волнообразныя колебанія почвы и произвели ужасныя разрушенія, особенно въ Шарурскомъ и Нахичеванскомъ уѣздахъ. При концѣ долины св. Іакова, въ 6-ти верстахъ выше Аргуры появилась трещина. Она стала выбрасывать газы и пары, которые увлекали за собою камни и землю и поднимались выше вершины Арарата. Сопровождалось ли изверженіе выходомъ пламени, очевидцы не могли сказать. Вмѣстѣ съ подземнымъ трескомъ

шащія горы не принимаютъ участія въ образованіи горныхъ цѣпей и даже не способны произвести въ нихъ какія-либо существенныя измѣненія. Внутри персидскаго плоскогорія встрѣчаются во многихъ мѣстахъ новѣйшія изверженныя породы.

Направляясь далѣе къ востоку, мы находимъ остатки потухшихъ вулкановъ въ самомъ центрѣ Азіи, въ горной цѣпи Тянь-Шань. Эти вулканы представляютъ чрезвычайно большой интересъ, такъ какъ они располагаются на огромномъ разстояніи отъ морей и вблизи нихъ нѣтъ ни одного большого внутренняго озера, съ которымъ можно было бы связать ихъ дѣятельность. Тянь-Шань служитъ сѣверною границей той огромной возвышенности, въ центрѣ которой располагается Памиръ — „Крыша Міра". Въ серединѣ прошлаго столѣтія были получены первыя извѣстія о существованіи дѣйствующихъ вулкановъ въ горахъ Тянь-Шань. Гумбольдтъ, на основаніи сообщеній прежнихъ путешественниковъ, а также извѣстій китайскихъ историковъ и собственныхъ разспросовъ у окрестныхъ жителей, собралъ много данныхъ объ этой области. Съ тѣхъ поръ горы Тянь-Шань стали считаться очагомъ широкой вулканической дѣятельности. Но уже въ 1840 г. ошибка обнаружилась, и вулканъ, располагающійся на берегу озера Алакуль, пришлось признать не существующимъ.

и гуломъ ясно былъ слышенъ шумъ отъ выбрасываемыхъ въ воздухъ камней (до 1200 пудовъ); большіе камни оставались на тѣхъ же мѣстахъ, на которыя падали, мелкіе катились дальше. Когда разсѣялись пары и прекратился каменный дождь, тогда не видно было ни богатой деревни Аргуры, ни знаменитаго монастыря, ни полей, ни фруктовыхъ садовъ: подъ грудами выброшенныхъ камней погибло и все населеніе. Изъ жителей деревни осталось въ живыхъ только 114 человѣкъ. Въ Нахичеванскомъ, Шарурскомъ и Ордубадскомъ уѣздахъ землетрясеніе разрушило болѣ 6000 домовъ.

„Спустя четыре дня послѣ этого замѣчательнаго изверженія, на Араратѣ случился другой переворотъ. На мѣстѣ жерла, выбрасывавшаго массы камней и земли, осталась глубокая котловина. Отъ таянья снѣга, отъ дождя и отъ стекающихъ ручьевъ она заполнилась водою и составила маленькое озеро. Нанесенные туда камни и глина образовали крѣпкую плотину, но давленіемъ воды она была, наконецъ, прорвана. Тогда ручьи грязной воды и потоки кашеобразнаго ила устремились по склонамъ, разлились по равнинѣ и втекли въ русло Кара-су, которое частью засорили. Сады Аргуры, сохранившіеся во время изверженія, были истреблены грязными потоками; послѣдніе увлекали за собою деревья, обломки камней, трупы погибшихъ. Явленіе повторилось три раза и сопровождалось, какъ говорятъ, подземнымъ трескомъ. Къ сожалѣнію, я не могъ достать точнаго описанія этой второй катастрофы. Мѣсто это долго оставалось непроходимымъ: кашеобразная глина на далекомъ протяженіи образовала глубокое и жидкое болото; даже птицы не осмѣливались ходить по нему, пока масса не начала постепенно высыхать".

Не смотря на громадное количество снѣга, который покрываетъ вершину Арарата, Вагнеръ нашелъ у его подошвы только два незначительныхъ ручейка. Вода образующаяся отъ таянія снѣга и выпадающая въ видѣ дождя исчезаетъ въ трещинахъ и скопляется, вѣроятно въ подземныхъ озерахъ или же стекаетъ въ скрытыя рѣки. Не лишена нѣкотораго вѣроятія догадка, что изверженіе 1840 г. находится въ связи съ такими подземными скопленіями воды, быстро обращенными въ паръ (ср. ниже, стр. 245, изверженіе Гунунга (.

Не менѣе типичнымъ вулканомъ является *Алагёзъ* („Пестрая гора"), лежащій къ сѣверу отъ Арарата. Онъ поднимается до высоты 4100 м. и содержитъ на своей вершинѣ прекрасно выраженный кратеръ, занятый нѣсколькими озерами. Потоки лавы этого вулкана достигаютъ на югѣ Аракса, на западѣ доходятъ до Карса, на сѣверѣ до Александрополя и представляютъ радіусъ въ 213 км. Названіе горы соотвѣтствуетъ ея внѣшнему виду: окалина различныхъ оттѣнковъ виднѣющаяся тутъ и тамъ, а также цвѣты и зелень, пробивающіяся среди голыхъ скалъ, сообщаютъ ей своеобразную пестроту. На сѣверныхъ и восточныхъ склонахъ Алагёза встрѣчается сѣра. Когда прекратилъ этотъ вулканъ дѣятельность, мы не знаемъ.

Прим. перев.

Въ 1857 г. *Семеновъ* показалъ, что мнимыя огнедышащія горы Куллока и Кату въ долинѣ р. Или обязаны своимъ возникновеніемъ пожарамъ залежей каменнаго угля, а въ послѣднее время *Мушкетовъ* причислилъ сюда и сольфатары у Урумчи, Турфаны и Кучи. Этотъ ученый обратилъ вниманіе, что въ разсматриваемой мѣстности существуетъ гора *Байшань*, вулканическую природу которой врядъ-ли возможно отрицать: по крайней мѣрѣ китайскіе писатели сообщаютъ о ней болѣе положительныя даннныя, чѣмъ о другихъ вулканахъ, и потому объяснить дѣятельность горы горѣніемъ залежей угля невозможно: „Байшань выбрасываетъ по временамъ дымъ и огонь. На одной сторонѣ его горятъ всѣ камни; они плавятся и текутъ на протяженіи 12 ли (1 ли = $575^1/_2$ м.). Расплавленная масса застываетъ при охлажденіи. Здѣсь добывается также и сѣра“. Это сообщеніе слишкомъ ясно намекаетъ на существованіе лавоваго потока, но въ виду изслѣдованій, раскрывшихъ мнимый характеръ другихъ вулкановъ Тянь-Шаня, нельзя придавать серьезнаго значенія этимъ свидѣтельствамъ до тѣхъ поръ, пока они не будутъ подтверждены опытнымъ геологомъ. *Столичка* во время своего путешествія въ области къ сѣверу отъ Кашгара нашелъ въ южной части Тянь-Шаня, нѣсколько южнѣе озера *Чатыркуля* несомнѣнный потухшій кратеръ. Въ такомъ же значительномъ удаленіи отъ моря находится и другая вулканическая область восточной Азіи: въ *Манджуріи* въ 25 км. отъ города *Мергена*, на рѣкѣ Нони, притокѣ р. Сунгари, впадающей въ Амуръ, лежатъ вулканы, о дѣятельности которыхъ имѣются свѣдѣнія у китайскихъ писателей. Послѣднее изверженіе относится ими къ 1720 г. Дѣйствительно, князь *Крапоткинъ* нашелъ въ этой мѣстности вулканическій конусъ съ свѣжими потоками лавы.

Обратимся теперь къ другой мѣстности. Въ *Сиріи*, къ югу и къ востоку отъ стоку отъ Дамаска, лежитъ обширная вулканическая область съ огромными лавовыми полями и многочисленными конусами; наиболѣе рѣзко выражена она въ горахъ *Гауранъ*. Несомнѣнно, что въ этой мѣстности, несмотря на ея удаленность отъ моря, происходили въ послѣтретичное время вулканическія изверженія. *Аравія* богата вулканами. Недалеко отъ *Медины* въ 30 миляхъ отъ моря, произошло въ 13 столѣтіи грозное изверженіе. Начинаясь подъ 15° с. ш., цѣпь вулкановъ тянется къ югу по западному берегу полуострова и продолжается на его южномъ берегу. Въ окрестностяхъ Адена много кратеровъ, и самъ городъ располагается въ одномъ изъ нихъ. На восточномъ берегу Аравіи у Ормузскаго пролива встрѣчаются пемза и обсидіанъ. Вулканы Краснаго Моря *Джебель-Тарръ* и *Саддле* произвели изверженія, — первый въ 1834 г., а второй въ 1824 г.; въ обоихъ случаяхъ выдѣлялся только дымъ. Острова *Зейбейяръ* и *Бахеме*, а также *Абейлатъ* — новѣйшіе вулканы. Прекрасная гавань острова *Перима*, располагающагося при входѣ въ Красное Море, представляетъ большой кратеръ; одна сторона его обрушилась, и вода заполнила котловину. Такимъ же путемъ образовался и заливъ *Губетъ Харабъ*, расположенный нѣсколько южнѣе.

Геологическій характеръ этихъ вулканическихъ областей былъ выясненъ только въ самое послѣднее время. Благодаря работамъ многихъ неустрашимыхъ изслѣдователей, наука обогатилась цѣлымъ рядомъ самыхъ неожиданныхъ и въ высшей степени любопытныхъ фактовъ, касающихся строенія восточной Африки. Опираясь на этотъ богатый матеріалъ, *Зюссъ* доказалъ, что въ *восточной Африкѣ* огромная площадь, простирающаяся въ меридіональномъ направленіи опустилась вслѣдствіи сброса (Grabensenkung). Подъ 6° ю. ш. эта сбросовая впадина проходитъ черезъ длинный

Исторія земли. I. Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ВИДЪ НА КИЛИМАНДЖАРО СЪ ЮГО-ВОСТОКА.

(По Д-ру Гансу Мейеру.)

рядъ лишенныхъ стока озеръ и тянется далѣе вдоль 36° в. д. до озера Рудольфа. На границѣ Абиссинскаго плоскогорія она отклоняется къ сѣверо-востоку и, проходя мимо Афара, достигаетъ Краснаго Моря. Отсюда осѣвшая площадь направляется къ сѣверу черезъ Мертвое море и долину рѣки Іордана и оканчивается у южнаго края Таврскихъ складчатыхъ горъ. Эта обширная сбросовая впадина представляетъ одно изъ крупнѣйшихъ дислокаціонныхъ явленій; къ ней мы вернемся еще впослѣдствіи, а теперь остановимся только на одной ея особенности. Какъ мы уже знаемъ, сброшенныя области Исландіи сопровождаются часто вулканами, горячими ключами и сейсмическими явленіями. Тоже самое находимъ мы и на обширномъ сброшенномъ участкѣ Восточной Африки и Краснаго моря; онъ также сопровождается вулканами и горячими ключами.

Вышеупомянутые вулканы, располагающіеся на берегу Краснаго моря, находятся въ связи съ грандіозной трещиной, вдоль которой и произошелъ этотъ сбросъ. На берегу Африки у *Массовы* лежатъ многочисленные хорошо сохранившіеся конуса, а сбросовая впадина *Афаръ* между Абиссинскимъ и Сомальскимъ плоскогоріями покрыта на огромномъ протяженіи вулканами, шлаками и рыхлыми продуктами изверженій. Здѣсь находится вулканъ Дубби близъ Эдда, лавовый потокъ котораго спускается къ морю. Въ 1861 г. этотъ вулканъ произвелъ изверженіе. Другой, также дѣйствующій вулканъ этой мѣстности — Эртеали (Ортеале). Далѣе, въ глубинѣ страны, располагаются: Дофанé, принадлежащій къ типу сольфатаръ, древній вулканъ Боканъ и рядъ незначительныхъ вулкановъ. На рѣкѣ Гавашъ лежатъ большіе вулканы Харро (3288 м.), Денди (3417 м.) и Суквала (2895 м.). Въ экваторіальной части сброшеннаго участка конусы новѣйшихъ дѣйствующихъ вулкановъ насыпаны внутри впадины въ мѣстахъ, болѣе или менѣе удаленныхъ отъ трещинъ, ограничивающихъ ее. Таковы, напримѣръ, многочисленные конуса острова Хёпеля на озерѣ Рудольфа, дѣйствующій вулканъ Телеки, Суссуа, Лононготъ и дымящійся Доенье Нгаи. Выброшенныя этими вулканами лавы разбили всю сбросовую впадину на множество замкнутыхъ озеръ, воды которыхъ не имѣютъ стока. Вулканъ Телеки, располагающійся на южномъ концѣ озера Рудольфа, возвышается надъ окрестною мѣстностью на 200 — 220 м. Изъ кратера его непрерывно и спокойно выбрасываются черные столбы дыма съ сильнымъ запахомъ хлора и сѣры. Послѣднее изверженіе происходило, повидимому, 15 лѣтъ назадъ. Разсматриваемая нами огромная площадь Африки, опустившаяся вслѣдствіе сброса, прорѣзана множествомъ поперечныхъ трещинъ; на этихъ трещинахъ располагаются значительные восточно-африканскіе вулканы, достигающіе крайнихъ предѣловъ той высоты, которая вообще свойственна земнымъ вулканамъ. Хотя они и не извергаются въ настоящее время, но вполнѣ сохранились. Въ экваторіальной области сброшеннаго участка можно отмѣтить три ряда вулкановъ, лежащихъ на такихъ поперечныхъ трещинахъ. Сѣверный рядъ образованъ вулканами Чибчаранія, Эльгонъ, Марсова, средній — вулканами Кеніа, Сеттима, Кинангопъ и южный — вулканами Дьюлу, Килиманджаро, Меру и Этхи.

Громадный Килиманджаро подымается на 6130 м. въ высоту (см. рис. на особомъ листѣ). Побочная вершина его Мавензи (Кимавензи) достигаетъ 5545 м. Обѣ горы имѣютъ общее основаніе, высотою въ 4300 м. Покрытая снѣгомъ и льдомъ главная вершина Килиманджаро Кибо обладаетъ огромнымъ кратеромъ, глубиною въ 200 м. и съ діаметромъ въ 2 км. Изъ этого кратера выдвигается нѣсколько къ сѣверу отъ центра конусъ въ 150 м. высотою; вмѣсто лавоваго потока изъ трещины

потухшаго кратера спускается къ юго-западу глетчеръ. Значительно сильнѣе разрушенъ зубчатый Мавензи. Онъ лежитъ на 5,7 км. къ востоко-юго-востоку отъ Кибо и представляетъ, повидимому, первоначальный вулканъ. Какъ показалъ *Томсонъ*, Кибо образовался вслѣдствіи перемѣщенія центра изверженія. Въ ложбинѣ между обѣими вершинами располагается рядъ небольшихъ конусовъ. На склонахъ, какъ и у другихъ большихъ вулкановъ, находятся побочные конуса.

Кенія поднимается на 5600 м. въ высоту и обладаетъ, хотя и сильно разрушеннымъ, но ясно замѣтнымъ кратеромъ, дно котораго лежитъ на глубинѣ 200—300 м. отъ края конца.

Къ западу отъ огромной *восточно-африканской сбросовой впадины* располагается приблизительно въ меридіанальномъ направленіи другой осѣвшій при сбросѣ участокъ; онъ также покрытъ множествомъ длинныхъ озеръ, каковы Танганайка, озеро Альберта-Эдварда и озеро Альберта. Озеро Ніасса и Леопольда можно разсматривать, какъ южное продолженіе этого ряда, нѣсколько отклоненное къ востоку. На этой *центрально-африканской впадинѣ* мы находимъ также двѣ группы вулкановъ. У сѣверо-восточнаго берега озера Ніасса на возвышенной равнинѣ Кондѐ древнія изверженныя породы поднимаются на значительную высоту, а недалеко отъ сѣвернаго конца озера располагаются кратеры новѣйшаго происхожденія. Еще большей мощности достигаютъ вулканическія образованія на югѣ озера Нгези или Альберта-Эдварда; послѣдними свѣдѣніями о нихъ мы обязаны *Эмину пашѣ* и *Штульману*. Мфумбиро, группа вулкановъ, имѣющая форму дуги, состоитъ изъ шести большихъ и многихъ малыхъ конусовъ, которые занимаютъ всю ширину осѣвшаго участка. Высочайшая вершина группы Кизигали, достигающая 4000 м. въ высоту, располагается приблизительно въ серединѣ, на западномъ же краю лежитъ дѣйствующій и теперь вулканъ Фирунгу-Фіагонго, высота котораго 3500 м.

Ничтожныя проявленія вулканической дѣятельности въ настоящее время и огромныя массы лавы и рыхлыхъ продуктовъ, выброшенныя въ прежніе періоды, показываютъ, что вулканы восточной Африки идутъ постепенно къ полному угасанію. Тѣмъ не менѣе ученіе о вулканахъ можетъ пополниться многими свѣдѣніями, если геологическія изслѣдованія этой замѣчательной области будутъ съ успѣхомъ продолжаться.

Перейдемъ теперь къ обзору *Индѣйскаго океана* и его береговъ. Непосредственно къ африканскимъ вулканамъ примыкаетъ рядъ островов, каковы: острова *Коморенскіе* близъ Мозамбикскаго берега, съ двумя дѣйствующими вулканами, о. *Майотта* со своимъ потухшимъ вулканомъ и *Мадагаскаръ*. Въ сѣверо-западной части послѣдняго острова извѣстны четыре дѣйствующихъ вулкана, а на центральномъ плоскогоріи и въ южной части острова располагается обширная вулканическая область. Къ юго-западу отъ Антананаривы находится горная группа Анкаратра, состоящая изъ пяти конусовъ. Высочайшій вулканъ этой группы достигаетъ 2873 м. На озерѣ Итаси насчитывается около сорока кратеровъ; въ западной Имеринѣ также разбросано много вулканическихъ конусовъ. Въ значительномъ удаленіи отъ этой области располагаются вулканическіе *Маскаренскіе* острова; на бо̀льшемъ изъ нихъ, о. *Бурбонъ*, (Реюньонъ или о. Соединенія) находится огромный дѣйствующій вулканъ (см. рис. 194). Въ южной части Индѣйскаго океана выдвигается два вулканическихъ острова, о. св. Павла и о. Амстердамъ (см. рис. 169, 170 и 195). Еще далѣе къ югу лежатъ острова *Принца Эдварда* и *Крозе* подъ 46^0 ю. ш. и островъ *Керглана* (Кергуэленъ) подъ 48^0.

Обращаясь къ сѣверо-восточной части Индѣйскаго океана, мы встрѣчаемъ отроги упомянутаго выше кольца, окружающаго большую часть Великаго океана. На Индостанскомъ полуостровѣ залегаютъ огромныя массы древне-третичныхъ изверженныхъ породъ, такъ называемые „траппы" Деканскаго плоскогорія; вулканы позднѣйшихъ періодовъ отсутствуютъ здѣсь такъ-же, какъ и въ Индо-Китаѣ. Противоположность составляетъ Бенгальскій заливъ, носящій явные слѣды новѣйшихъ изверженій. У восточнаяго берега Индостана, недалеко отъ Пондишери происходило подводное изверженіе. На западномъ берегу Индо-Китая начинается огромный рядъ вулкановъ, охватывающій значительную часть полуострова и переходящій на юго-западные берега Малайскихъ острововъ. Въ общемъ онъ простирается на 750 географическихъ миль и своимъ сѣвернымъ концомъ заходитъ на материкъ, въ область р. Иравади. Здѣсь располагаются вулканы *Бирмы.* Самый крайній изъ нихъ ле-

Рис. 194. Питонъ де-ла-Фурнезъ на островѣ Бурбонѣ (по *Велэну)*.

житъ у Бхамо, приблизительно подъ 24° с. ш. Далѣе, подъ 19° 30′ с. ш., мы встрѣчаемъ острова *Рамри* и *Чедуба* съ горою Рагуаинъ у берега Арракана. Изъ этихъ острововъ послѣдній произвелъ изверженіе въ 1839 г. Далѣе слѣдуютъ *Андаманскіе* острова съ потухшимъ вулканомъ Наркондамомъ (13° 24′ с. ш.) и островъ *Барренъ*, пріобрѣвшій большую извѣстность со временъ Леопольда фонъ-Буха. Это небольшой вулканъ съ кольцевымъ валомъ типа Соммы и внутреннимъ конусомъ. Въ 1789 и 1804 гг. онъ произвелъ чрезвычайно сильныя изверженія. Моментъ времени, съ котораго начались здѣсь новѣйшія изверженія лавъ, точно не установленъ. Кратеръ этого вулкана уже давно проявляетъ умѣренную дѣятельность типа Стромболи. Послѣдній лавовый потокъ выброшенъ внутреннимъ конусомъ въ ущелье, подобное Атріо делль-Кавалло; въ восточной части вала онъ нашелъ глубокую впадину, а можетъ быть самъ прорылъ ее и направился отсюда къ морю. Вслѣдствіи этого въ прежнихъ описаніяхъ говорится, что море проникаетъ въ ущелье. Далѣе располагаются *Большіе Зондскіе острова*; они проявляютъ энергичную вулканическую дѣятельность, которая наибольшаго развитія достигаетъ на Явѣ.

Кратеры, расположенные у берега Арракана и на Андаманскихъ островахъ, принадлежатъ къ ряду вулкановъ Зондскихъ острововъ. Это доказывается не только географическимъ положеніемъ, но также и геологическимъ строеніемъ этихъ мѣстностей. Горы Арракана представляютъ цѣпи, направленныя съ сѣвера на югъ; онѣ

состоятъ, главнымъ образомъ, изъ нижне-третичныхъ и мѣловыхъ песчаниковъ и сланцевъ, которые отчасти видоизмѣнены (метаморфизованы) и находятся въ связи съ серпентинами (змѣевиками), отчасти сохранили свой первоначальный характеръ. Андаманскіе и Никобарскіе острова сложены изъ тѣхъ же горныхъ породъ съ тѣмъ же простираніемъ и служатъ непосредственнымъ продолженіемъ горъ Арракана. Южнымъ концомъ онѣ направлены къ Суматрѣ, гдѣ и находится дальнѣйшее ихъ продолженіе. Всѣ эти острова представляютъ остатки древняго горнаго хребта, который сопровождался упомянутыми выше вулканами.

Изъ числа 19 вулкановъ, расположенныхъ на Суматрѣ, дѣйствуютъ 7. Нѣкоторыя изъ озеръ, заполняющихъ кратеры, достигаютъ такой огромной величины, которой не наблюдается нигдѣ на земной поверхности. Въ Зондскомъ проливѣ нахо-

Рис. 195. Небольшой кратеръ на островѣ Амстердамѣ (по Велэну).

дится нѣсколько вулканическихъ островковъ. Еще недавно они не привлекали особеннаго вниманія: было извѣстно, что эти острова расположены на одной и той же трещинѣ и что одинъ изъ нихъ, *Кракатау*, или Пулу Раката, проявлялъ умѣренную дѣятельность въ періодъ времени съ мая 1680 до ноября 1681 г. Неожиданно въ маѣ 1883 г. разразилось сильное изверженіе. Предшественникомъ его было землетрясеніе, случившееся 1 сентября 1880 г. и достигшее даже сѣверной части Австраліи. Судя по первымъ извѣстіямъ объ этой катастрофѣ, достигшимъ Европы, можно было предполагать, что вулканическія явленія въ области Кракатау превосходили всѣ до сихъ поръ извѣстныя изверженія. Вскорѣ, однако, выяснилось, что многое было преувеличено перепуганнымъ воображеніемъ, а многое преднамѣренно искажено. Несмотря на это, изверженіе Кракатау принадлежитъ къ самымъ сильнымъ изъ числа извѣстныхъ намъ. Оно превосходитъ всѣ остальныя изверженія обширностью той области, на протяженіи которой былъ слышенъ шумъ, количествомъ произведенныхъ имъ географическихъ измѣненій и высотою, которой достигалъ пепелъ. Однако, по общей массѣ изверженныхъ продуктовъ знаменитая катастрофа Кракатау уступаетъ нѣкоторымъ другимъ изверженіямъ (Темборо, Козегвина).

Основываясь на строенiи и петрографическомъ характерѣ острововъ (см. карту на рис. 196), *Вербеекъ* и *Юддъ* представляютъ исторiю Кракатау въ слѣдующемъ видѣ. Первоначально здѣсь возвышался андезитовый вулканическiй конусъ, достигавшiй въ высоту 2000 м. Впослѣдствiи онъ обрушился, и остатки кольцевыхъ стѣнъ его, выдвигающiеся надъ поверхностью моря, образовали острова Пустынный (Ver-

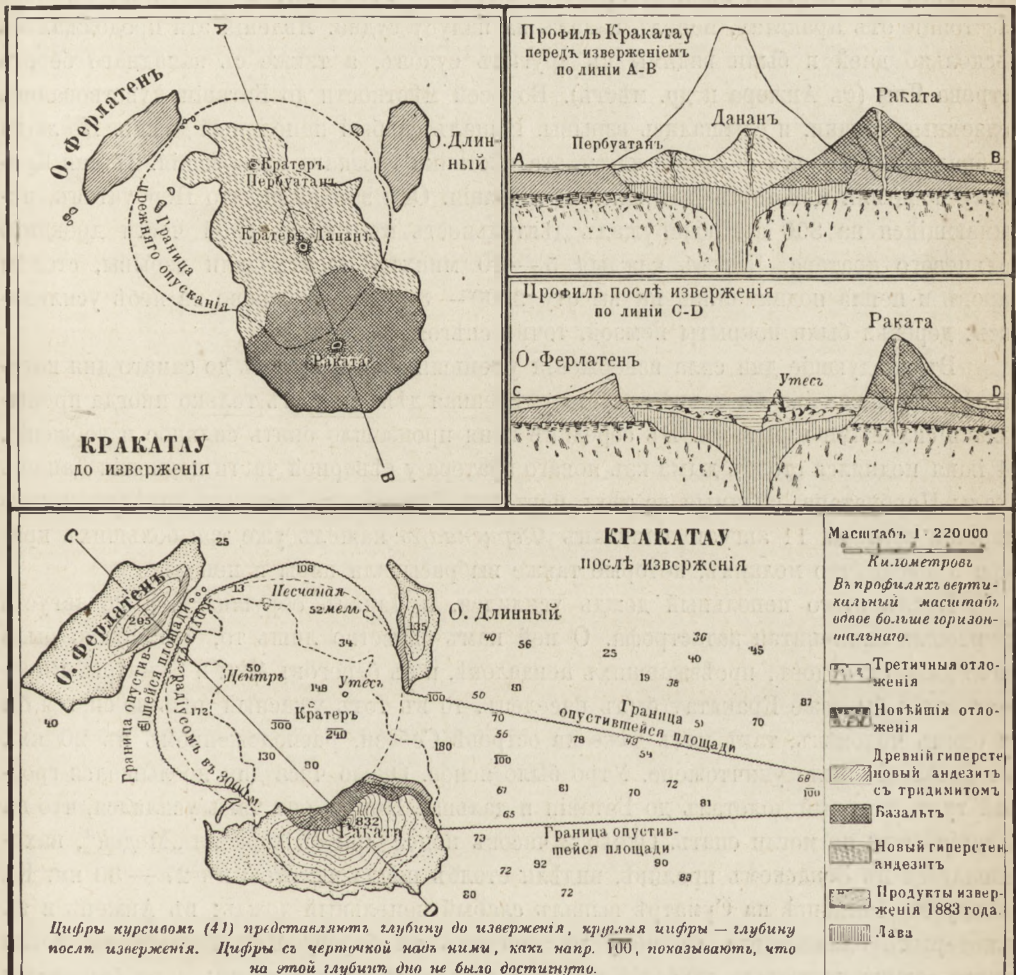


Рис. 196. Карты и профили Кракатау (по Вербееку).

laten, Deserte), Длинный (Lang, Longe) и основанiе конуса Раката. Въ позднѣйшiе перiоды на южномъ концѣ этого кольца образовался новый вулканъ, который въ теченiи своей продолжительной дѣятельности насыпалъ базальтовый конусъ Раката, достигающiй 800 м. въ высоту (см. профили на рис. 196). Позднѣе, въ центральной части древняго кратера произошли изверженiя андезитовъ. Слѣдствiемъ ихъ было образованiе небольшихъ конусовъ Пербуатана и Данана, соединившихся съ Раката въ одно цѣлое.

О началѣ грозной вулканической дѣятельности, разыгравшейся въ 1883 г., мы не имѣемъ никакихъ извѣстій: группа островов Кракатау необитаема и только изрѣдка посѣщается рыбаками, заѣзжающими сюда съ острова Суматры. Первыя наблюденія, произведенныя на судахъ, которыя плыли по Зондскому проливу, относятся уже къ тому времени, когда изверженіе достигло значительной силы. 20 мая экипажъ нѣмецкаго военнаго судна Елизаветы увидѣлъ пиніеобразное облако, поднимающееся изъ кратера на необычайную высоту — 11000 м.; несмотря на большое разстояніе отъ Кракатау, пепелъ падалъ на палубу судна. Явленія эти продолжались нѣсколько дней и были видимы съ другихъ судовъ, а также съ западнаго берега острова Явы (съ Анжера и др. мѣстъ). Во всей мѣстности до Батавіи чувствовались подземные толчки, и слышались взрывы. Выпалъ слабый пепельный дождь. Но люди не знали, изъ какихъ областей идутъ эти вѣстники грознаго изверженія. 27 мая Кракатау посѣтили нѣкоторые изъ жителей Батавіи. Они замѣтили, что Пербуатанъ, подымающійся на 300 ф., обнаружилъ дѣятельность въ центральной части древняго кольцевого кратера. Черезъ каждыя 5 — 10 минутъ происходили взрывы, столбы паровъ и пепла поднимались на высоту 2000 — 3000 м., и зарево на небѣ усиливалось; деревья были покрыты пемзой, точно снѣгомъ.

Въ слѣдующіе дни сила изверженія уменьшилась, и затѣмъ до самаго дня катастрофы случившейся въ концѣ августа умѣренная дѣятельность только иногда прерывалась сильными взрывами. Въ серединѣ іюня произошло опять сильное изверженіе. 24 іюня поднялся столбъ дыма изъ новаго кратера у сѣверной части подножія Данана. Скалы Пербуатана, видимыя до тѣхъ поръ изъ Катимбанга, исчезли вслѣдствіи расширенія кратера. 11 августа капитанъ *Ферценааръ* нашелъ уже три большихъ кратера и множество мелкихъ, которые также выбрасывали пары и пепелъ.

Послѣ этого пепельный дождь усилился, и Дананъ обрушился, а 26 августа произошла знаменитая катастрофа. О ней намъ извѣстно лишь то, что можно было наблюдать съ судовъ, проѣзжавшихъ невдалекѣ, и съ береговъ Явы и Суматры. Впрочемъ, если бы даже Кракатау былъ населенъ, то въ тотъ ужасный день не спасся бы ни одинъ человѣкъ, такъ какъ даже на островѣ Себези, расположенномъ въ 20 км., все населеніе было уничтожено. Утро было ясное. Около часа дня послышался грозный гулъ, который долеталъ до Батавіи и дальше. Ночью онъ такъ усилился, что въ Батавіи люди не могли спать. Около 2 часовъ пополудни съ корабля „Медея“, находившагося въ Зондскомъ проливѣ, видѣли столбъ пепла высотою въ 27 — 33 км. Къ вечеру въ Лампонгѣ на Суматрѣ выпалъ слабый пепельный дождь; въ Анжерѣ и въ нѣкоторыхъ ближайшихъ къ нему мѣстностяхъ на берегу Явы тотчасъ же послѣ заката солнца наступилъ глубокій мракъ. Слышались глухіе звуки; море бушевало; небольшія суда были поглощены волнами или выброшены на сушу; вода залила часть берега и снесла нѣсколько деревень. Однако, при этомъ погибло сравнительно немного народа, и потери имущества были незначительны. Вслѣдствіи господствовавшаго въ тотъ день вѣтра, послѣдствія изверженія были гораздо ужаснѣе въ мѣстахъ, расположенныхъ къ югу. Густыя тучи пепла засыпали корабли. Падали огромныя каменныя глыбы. Около 2 час. ночи на палубѣ судна „Бербисъ“ изверженный пепелъ лежалъ пластомъ въ 1 м. толщиною. Землю окутывалъ непроницаемый мракъ. Гора грохотала и поминутно выбрасывала яркія молніи. Въ атмосферѣ чувствовалось сильное напряженіе электричества, на снастяхъ и на мачтахъ появились огоньки св. Эльма; они „извивались, точно огненныя змѣи“. Рулевой на „Бербисъ“ едва дер-

жался на своемъ мѣстѣ: при каждомъ прикосновеніи къ металлическимъ частямъ руля онъ получалъ сильный электрическій ударъ.

Къ утру 27 августа небо нѣсколько прояснилось, но скоро опять наступилъ полный мракъ, длившійся 18 часовъ. Огромныя массы пепла, пемзы, шлаковъ и тягучей тѣстообразной грязи устремились на Зондскій проливъ, на острова Яву и Суматру. Въ 6 часовъ утра грозныя волны залили низменные берега. Около 10 часовъ утра насталъ самый страшный моментъ изверженія: вслѣдствіи сильнаго взрыва или вслѣдствіи обвала острова Кракатау, на морѣ разразилась сильная буря. Грозныя волны поднимались на немъ, точно горы, и достигали 30 м. въ высоту; одна за другою устремлялись онѣ на землю. Города, деревни, лѣса, насыпь желѣзной дороги, проложенной на Явѣ вдоль берега, — все было уничтожено страшнымъ потопомъ. Города: Анжеръ, Бентамъ, Меракъ и др. разрушились, а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, какъ, напр., на островахъ Себези и Серами погибло все населеніе. Немногіе спаслись чудомъ: первая волна, нахлынувшая на землю, подхватила людей и нѣкоторыхъ невредимо вынесла на сушу.

Что случилось дальше — трудно сказать... Охваченные ужасомъ, люди напрягали всѣ свои силы, чтобы спастись. Тьма окутывала все. Пепельный дождь, взрывы, буря и волненія на морѣ продолжались. 28 августа утромъ небо опять просвѣтлѣло, изверженіе стало стихать, но не прекратилось. Берега Суматры и Явы были неузнаваемы, и отдѣльныя мѣста ихъ можно было отличить только развѣ по положенію, но не по ихъ внѣшнему виду. Богатая тропическая растительность исчезла всюду, куда достигали волны. Земля была обнажена; сѣрая грязь и другія изверженныя массы, вырванныя съ корнями деревья, обломки зданій, трупы людей и животныхъ покрывали ее. На поверхности Зондскаго пролива плавали огромныя количества пемзы. По оффиціальнымъ извѣстіямъ число жертвъ достигало 40,000.

Но что происходило въ это время у самаго Кракатау? 26 августа образовался островъ въ $33^1/_3$ кв. кил. На немъ возвышался большой конусъ Раката и два незначительныхъ кратера Дананъ и Пербуатанъ. 28 августа большая часть острова исчезла. Надъ поверхностью моря оставался участокъ только въ $10^1/_2$ кв. кил. На краяхъ этой развалины нагромоздились широкія полосы вулканическихъ продуктовъ, и теперь новый Кракатау достигаетъ $15^1/_2$ кв. кил. Черезъ середину большаго кратера проходитъ трещина, отъ конуса осталась скала въ 800 м. высотою, она отвѣсными стѣнами обрывается къ морю, которое занимаетъ мѣсто кратера. Тамъ, гдѣ прежде была земля, океанъ теперь достигаетъ глубины 200 — 300 и даже 360 м.; только одинокія скалы выдвигаются въ этихъ мѣстахъ (см. рис. 196 и 197). Эти явленія нельзя разсматривать какъ послѣдствія большого сброса, такъ какъ за предѣлами кратера море не только не сдѣлалось глубже, но даже обмелѣло вслѣдствіи нагроможденія изверженныхъ массъ. Очевидно, мы имѣемъ дѣло съ прямыми послѣдствіями изверженія. Исчезнувшая часть острова или была непосредственно подброшена, или обрушилась. *Вербеекъ* представляетъ процессъ въ слѣдующемъ видѣ: въ теченіи продолжительнаго періода дѣятельности вулкана, начиная съ 1863 г., древній кратеръ постепенно углублялся; высокая температура лавы размягчила его и сдѣлала неспособнымъ выдерживать располагающіяся надъ нимъ горныя массы. Кратеръ обрушился, и потоки морской воды устремились на лаву. Вслѣдствіи огромнаго обвала и образованія твердой коры на лавѣ, охлажденной водою, давленіе лавовыхъ массъ увеличилось, но только на мгновеніе. Непосредственно затѣмъ рас-

плавленная лава, перемѣшанная съ морской водой и грязью, была выброшена съ огромною силой. Такимъ образомъ самый сильный взрывъ былъ обусловленъ обваломъ кратера.

Иначе объясняетъ это величественное явленіе *Юддъ*. По общераспространенному представленію грозная катастрофа была обязана внезапному движенію воды на раскаленную лаву, вслѣдствіи чего образовалось огромное количество паровъ. *Юддъ* несогласенъ съ этимъ: онъ указываетъ, что во всѣхъ случаяхъ, когда производились наблюденія надъ лавой, изливающейся въ море, пары образовывались только въ теченіи незначительнаго времени. Лава скоро покрывается корой, которая, какъ дурной проводникъ теплоты, препятствуетъ дальнѣйшему образованію паровъ. Вслѣдствіи постепеннаго расширенія кратера морская вода, конечно, встрѣтилась съ лавой Кракатау; послѣдняя покрылась корой, подъ которой скоплялись пары, выдѣляемые расплавленной массой. Давленіе ихъ постепенно увеличивалось, прорывало кору и производило новые взрывы. Эта перемежающаяся дѣятельность, напоминающая взрывы гейзеровъ, постепенно ослаблялась; наконецъ, напряженіе, накопившееся во время наиболѣе длинной паузы, произвело послѣдній страшный взрывъ. Предыдущіе взрывы выбрасывали пемзу и комья лавы, во время же заключительнаго извержения были выброшены также куски древняго кратера, который цѣликомъ взлетѣлъ на воздухъ.

Причину пробужденія вулканическихъ силъ на Кракатау *Вербеекъ* видитъ въ упомянутомъ выше землетрясеніи 1880 г. Кракатау лежитъ на мѣстѣ пересѣченія двухъ трещинъ Зондскаго пролива—продольной и поперечной. Было достаточно незначительнаго перемѣщенія вдоль послѣдней трещины, чтобы вода проникла въ магматическую область, питающую вулканъ, повысила бы напряженіе ея и вызвала изверженіе.

Вновь образовавшаяся внутренняя стѣна треснувшаго конуса Кракатау позволяетъ видѣть внутреннее строеніе его съ такою ясностью, какъ нигдѣ въ другомъ мѣстѣ. Въ основаніи его залегаютъ андезиты, принадлежащіе валу древняго кратера (см. рис. 197); надъ ними лежатъ пласты базальтоваго пепла и лапилли, чередующіеся съ базальтовыми потоками и прорѣзанные множествомъ жилъ. Они напластованы согласно и расположены симметрично относительно вертикальной линіи, проходящей черезъ вершину конуса. Мощность потоковъ колеблется между $^1/_2$ и $^1/_3$ м., можность же пластовъ пепла — между $^1/_4$ и 2 м. Каналъ, по которому двигались расплавленныя массы, и лавовое ядро вулкана не видны; надо полагать, что кратеръ находится въ сохранившейся части конуса Раката.

Непосредственнымъ слѣдствіемъ катастрофы были тѣ страшныя волны, которыя 27 августа, около 10 часовъ, произвели опустошенія на берегахъ Зондскаго пролива. Не безъинтересно познакомиться ближе съ этимъ грознымъ явленіемъ. Въ зависимости отъ свойствъ береговъ и характера дна высота волнъ была различна: у маяка Флаккенъ Хукъ она достигала 15 м. въ высоту, у Телока Бетонга — 22 м., у Мерака, Анжера и у береговъ острова, названнаго, благодаря его положенію, „Поперекъ Дороги“ (Dwars in den Weg) — 35 м. Волненіе не ограничилось Зондскимъ проливомъ, но распространялось дальше: черезъ нѣсколько времени оно было замѣтно у самыхъ отдаленныхъ береговъ. На всемъ протяженіи Индѣйскаго океана — на Цейлонѣ, островѣ Маврикія, въ портѣ Елизаветы (въ Капской землѣ) и у Адена при входѣ въ Красное море происходило у береговъ волненіе, болѣе сильное или слабое, въ зависимости отъ разстоянія отъ Кракатау. Волненіе распространилось и по всему

Великому океану и достигло западныхъ береговъ Америки (напр. С.-Франциско). Волны распространились также въ Атлантическомъ океанѣ и были наблюдаемы у береговъ Франціи и у Колона на Панамскомъ перешейкѣ. Такимъ образомъ волненіе, вызванное изверженіемъ Кракатау было замѣчено на берегахъ всѣхъ океановъ. Во многихъ мѣстахъ было точно опредѣлено время, когда достигла ихъ волна. Отсюда оказалось возможнымъ опредѣлить скорость ея распространенія. Судя по тому времени, которое употребила волна, чтобы достигнуть Порта Елизаветы, въ Южной Америкѣ скорость распространенія ея была 306 морскихъ миль въ часъ.

Рис. 197. Внутренная стѣна конуса Раката (по Юдду).

Въ атмосферѣ происходило также бурное движеніе. Вблизи Кракатау свирѣпствовали грозные ураганы; въ окрестностяхъ его всѣ барометры были въ лихорадочномъ возбужденіи и въ теченіи небольшого времени колебались въ предѣлахъ 2 дюймовъ. Слѣдствіемъ главнаго взрыва, случившагося 27 августа, около 10 часовъ утра, было образованіе огромной воздушной волны, которая распространилась по всей землѣ. Въ Европѣ, въ Сѣверной Америкѣ, къ востоку отъ мыса Горна на островѣ Южная Георгія и др. мѣстахъ, гдѣ производились наблюденія, движеніе воздуха было не настолько сильное, чтобы люди могли непосредственно ощущать его: оно было отмѣчено чувствительными метеорологическими приборами. Въ концѣ августа и въ началѣ сентября замѣчалось непродолжительное, но быстрое паденіе и повышеніе барометра, что было слѣдствіемъ воздушной волны, образовавшейся при взрывѣ Кракатау. Чтобы познакомиться съ характеромъ этой атмосферической бури, посмотримъ,

какъ она проявилась въ отдѣльныхъ мѣстахъ. „Первая воздушная волна была замѣчена въ Берлинѣ черезъ 10 часовъ послѣ катастрофы. Если предположить, что она достигла Берлина по кратчайшему пути отъ вост. къ зап., то скорость ея распространенія будетъ нѣсколько болѣе 1000 км. въ часъ. Черезъ 16 часовъ было замѣчено второе колебаніе барометра. Оно было произведено той же воздушной волной, которая достигла Европы съ другой стороны, пройдя надъ Америкой. Принимая въ расчетъ разность путей въ первомъ и во второмъ случаѣ и зная скорость распространенія волнообразнаго движенія (1000 км.), можно было вычислить, насколько опоздаетъ воздушная волна, направившаяся черезъ Америку. Это опозданіе оказалось, дѣйствительно, равнымъ почти 16 часамъ.

„Распространяясь дальше, волна облетѣла весь земной шаръ. На основаніи вычисленій она должна была вторично достигнуть Берлина черезъ 36 часовъ. Дѣйствительно, по истеченіи этого времени съ момента появленія первой волны, прошедшей черезъ Остъ-Индію, наблюдалось новое колебаніе барометра, но нѣсколько меньшей силы. Волна, распространившаяся черезъ Америку, достигла Европы вторично черезъ 34—35 часовъ. Такое ускоренное движеніе ея объясняется тѣмъ, что въ верхнихъ слояхъ атмосферы преобладаютъ воздушные токи, направленные съ запада къ востоку. Въ третій разъ волнообразное движеніе воздуха, распространявшееся къ западу отъ Кракатау, достигло Берлина черезъ 37 часовъ. Далѣе сила воздушныхъ теченій настолько уже уменьшилась, что изслѣдовать ихъ съ точностью было невозможно, но тѣмъ не менѣе до 4 сентября самопишущіе приборы продолжали отмѣчать незначительныя колебанія барометра“ (по *Ханну*).

Сравнивая время, когда воздушное теченіе достигло 54 различныхъ мѣстъ, *Страхей* пытался опредѣлить время главнаго взрыва. На основаніи произведенныхъ имъ вычисленій, взрывъ произошелъ около 9 ч. 58 м. *Вербеекъ,* производившій наблюденія у индикатора газовой фабрики въ Батавіи на Явѣ, считаетъ наиболѣе вѣроятнымъ моментомъ взрыва 10 ч. 2 м. *).

---

*) Атмосферныя волны, произведенныя изверженіемъ *Кракатау,* наблюдались также въ *Петербургѣ* и *Павловскѣ.* Въ періодъ времени съ 27 по 30 авг. самопишущіе барометры Павловской обсерваторіи отмѣтили 5-ть характерныхъ колебаній: 27 авг.—въ 2 ч. 5 м. утра (I), 28-го—въ 7 ч. утра (II) 29-го—въ 3 ч. утра (III) и въ 6 час. веч. (IV) и, наконецъ, 30-го—въ 3 час. почи (V). Колебанія I—III—V соотвѣтствуютъ волнѣ, двигавшейся съ в. къ з., колебанія II—IV—другой волнѣ, обошедшей землю въ обратномъ направленіи. Почти въ то же время наблюдались колебанія барометра и въ Петербургѣ. По вычисленіямъ *М. Рыкачева* (по способу *Страхея,* который опредѣляетъ отдѣльно скорость каждой волны) первая волна (I—III) совершила полный оборотъ около земного шара въ 37 ч. 5 м. со скоростью 299,7 м. въ 1 сек., вторая (II—V)—въ 35 ч. 10 м. со скоростью въ 316,0 м. и третья (III—V) въ 36 ч. со скоростью 308,7 м. Цыфры эти близки къ цифрамъ полученнымъ въ 22 другихъ мѣстахъ. Первая волна достигла раньше всего Павловска, который отстоитъ отъ Кракатау на 87°49′ (отъ в. къ з.), и позже всего *Торонто* (разстояніе котораго 217°45′). Наоборотъ вторая волна, двигавшаяся отъ з. къ в., достигла Павловска позже другихъ станцій (въ этомъ направленіи разстояніе Павловска отъ Кракатау—272°11′, а Торонто—142°15′).

Пользуясь вышеприведенными данными, М. Рыкачевъ вычислялъ и время изверженія Кракатау. Судя по времени появленія въ Павловскѣ первой волны (I—III—V), изверженіе произошло въ 9 ч. 47 м. у. (по мѣстному времени), а по времени появленія второй волны (II—IV)—въ 9 ч. 4 м. у. Въ среднемъ выводѣ находимъ—9 ч. 25 м. у.

Сопоставляя цыфры, вычисленныя на основаніи наблюденій въ 19 другихъ мѣстахъ, г Рыкачевъ получаетъ въ среднемъ для времени изверженія Кракатау—9 ч. 27 м. Выводъ почти тождественъ съ полученнымъ на основаніи данныхъ Павловской обсерваторіи (разность=2′)

Прим. перев.

Пространство, на протяженіи котораго слышались взрывы Кракатау, было чрезвычайно огромно. Любопытно, что въ нѣкоторомъ отдаленіи отъ мѣста катастрофы грохотъ былъ сильнѣе. Такое явленіе далеко не единично, но удовлетворительнаго объясненія его еще не сдѣлано: вѣроятно, густыя тучи пепла въ окрестностяхъ вулкана, оказывали нѣкоторое препятствіе распространенію звуковой волны. Наиболѣе отдаленными мѣстностями, гдѣ слышались взрывы Кракатау, являются Цейлонъ, Андаманскіе острова, Сайгонъ въ Кохинхинѣ, Филиппинскіе острова, заливъ Гельвинкъ на Новой Гвинеѣ и Пертъ въ юго-западной Австраліи. О томъ, какъ далеко распространились звуковыя волны на югъ мы не имѣемъ извѣстій, такъ какъ тамъ лежитъ

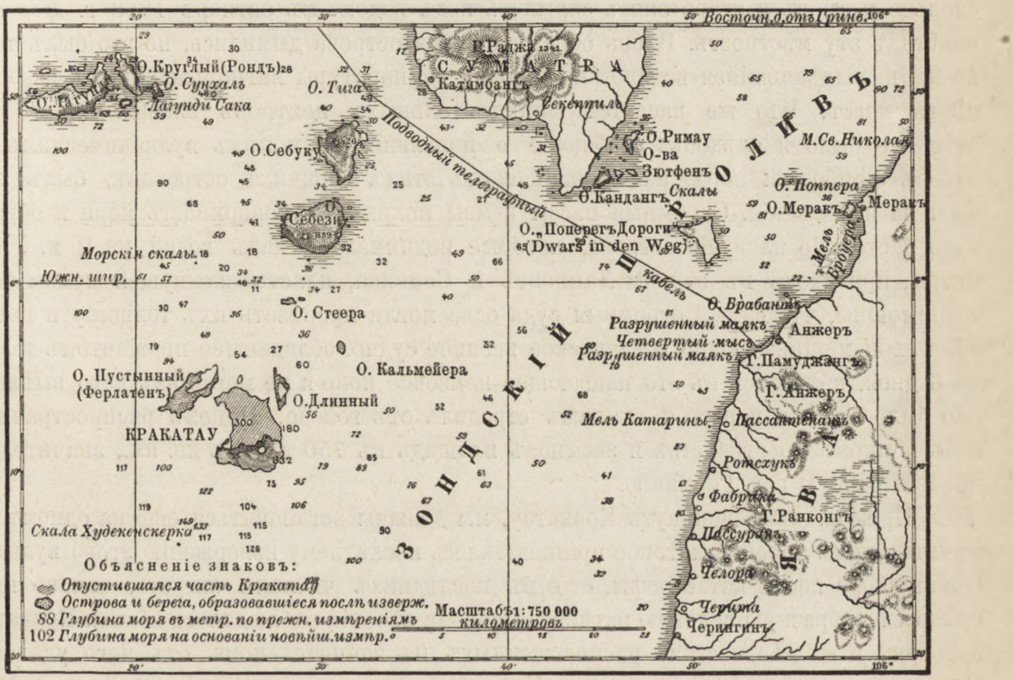


Рис. 198. Карта Зондскаго пролива съ Кракатау и новообразовавшимися островами Стеера и Кальмейера.

открытый океанъ. Звуки слышались на протяженіи 3400 км., т.-е. охватывали пространство, составляющее $^1/_{15}$ часть всей земной поверхности. Если мы вообразимъ, что центромъ такого изверженія служила Вѣна, то грохотъ слышался бы не только по всей Европѣ, но также и на восточныхъ берегахъ Гренландіи, въ южныхъ частяхъ Шпицбергена и Новой Земли, въ области Уральскихъ горъ, на восточномъ берегу Аральскаго озера, въ юго-восточномъ углу Каспійскаго моря, у устья Евфрата, въ сѣверной части Краснаго моря, въ большей части Сахары и на островѣ Мадейрѣ. Исторія не знаетъ другого изверженія, которое сопровождалось бы такимъ далекимъ распростаненіемъ звуковыхъ явленій (см. карту на рис. 223).

Массы, изверженныя Кракатау, состоятъ главномъ образомъ изъ пемзы и мелкаго пепла. Количество ихъ громадно. По мнѣнію *Вербеека* объемъ ихъ достигаетъ 18 куб. км.: около вулкана на 12 км. во всѣ стороны изверженныя массы образовали пластъ въ 20—40 м. толщиною и до 12 куб. км. въ объемѣ. Къ сѣверу отъ

Кракатау до острова Себези глубина моря до изверженія достигала 36 м. Послѣ катастрофы вся эта мѣстность обмелѣла и сдѣлалась непроходимой для большихъ судовъ. Какъ показываетъ карта на рис. 197, не только измѣнился рельефъ морскаго дна, но также появились новые острова и увеличились прежніе: у развалинъ Кракатау изверженные продукты нагромоздили площадь въ 5 кв. км., островъ Длинный (Lang) увеличился на 0,3 куб. км., а островъ пустынный (Verlaten, Deserte) болѣе, чѣмъ на 8 кв. км. Незначительный островокъ „Пульше Худье" исчезъ, вѣроятно смытый огромною волной. На ряду съ этимъ образовались вновь острова Стеера и Кальмейера (Steers Eiland, Calmeyer Eiland); первый занялъ площадь въ 3 кв. км., а второй — въ 4 кв, км. Оба выдвигались надъ поверхностью моря только на нѣсколько метровъ и скоро опять скрылись подъ водою. Въ октябрѣ 1883 г. *Вербеекъ* посѣтилъ эту мѣстность. Вновь образовавшіеся острова дымились, но это былъ только паръ, выдѣлявшійся вслѣдствіи высокой температуры нагроможденныхъ изверженіемъ массъ. Что же касается самостоятельныхъ центровъ изверженія, то ихъ здѣсь не было и слѣдовъ: сообщеніе о появленіи 16 новыхъ вулканическихъ конусовъ ошибочно: паръ, подымавшійся отъ этихъ горячихъ островковъ, былъ принятъ за изверженіе. Огромныя массы пемзы покрывали поверхность моря и образовали настоящіе пловучіе острова, которые поднимались надъ водой на 2 м. У Суматры, при входѣ въ заливы Лампонгъ и Семанка, пласты плывущей пемзы были такъ мощны, что самыя огромныя суда едва могли прорѣзать ихъ толщину и повредили свои машины. Одно голландское военное судно, обладавшее провіантомъ только на 6 дней, врѣзалось въ это плавающее пемзовое поле и не могло изъ него выѣхать: оно было здѣсь заперто, и экипажъ страдалъ отъ голода. Пепелъ распространился на огромномъ пространствѣ и засыпалъ площадь въ 750 тысячъ кв. км., значительно превосходящую всю Германію.

Прежде, чѣмъ покинуть Кракатау, мы должны остановиться еще на одномъ замѣчательномъ явленіи, которое приписывалось послѣднему изверженію этого вулкана. Очень скоро послѣ катастрофы, еще въ послѣднихъ числахъ августа, солнце пріобрѣло своеобразную зеленую окраску. Сначала явленіе наблюдалось вблизи Кракатау, а потомъ и въ мѣстностяхъ расположенныхъ на значительномъ отъ него удаленіи. Раньше всего оно обнаружилось на Цейлонѣ, нѣсколько позднѣе — на островѣ Маврикія, затѣмъ на западномъ берегу Африки, наконецъ, въ Бразиліи, въ центральной Америкѣ и во многихъ другихъ мѣстахъ. Эта своеобразная окраска солнца приписывалась мельчайшимъ частицамъ вулканическаго пепла, которыя летали въ верхнихъ частяхъ атмосферы. Въ концѣ ноября 1883 г. во всей Европѣ возбудили общій интересъ и удивленіе любопытныя явленія, происходившія при солнечномъ закатѣ. Все небо обливалось пурпуровымъ блескомъ, который держался необычайно долго и, наконецъ, смѣнялся полнымъ мракомъ. Скоро со всѣхъ концовъ земли стали стекаться извѣстія о подобныхъ же явленіяхъ. Во многихъ мѣстахъ они наблюдались раньше, чѣмъ въ Европѣ, но нигдѣ не были видны до изверженія Кракатау. Это своеобразное окрашиваніе небеснаго свода при солнечномъ закатѣ указывало, что въ атмосферѣ находится какая то среда, преломляющая свѣтъ. Необычайная сила и широкая распространенность явленія не позволяли приписать его преломленію свѣтовыхъ лучей въ массахъ тумана и облаковъ, чѣмъ, какъ извѣстно, объясняется утренняя и вечерняя заря. Особенности явленія заставляли предположить, что слой, преломляющій свѣтъ, находится на высотѣ 60,000 — 70,000 м. (а по одному мнѣнію на высотѣ 18,000 м.)

т.-е. гораздо выше той области, въ которой происходятъ обычные метеорологическіе процессы. Что касается свойствъ среды, сообщавшей своеобразное окрашиваніе небесному своду, то мнѣнія раздѣлились. Нѣкоторые ученые предполагали, что земля проходила въ тотъ моментъ черезъ космическую туманную массу, или черезъ потокъ мельчайшихъ ледяныхъ иглъ, или черезъ тучу метеорной пыли. Во всякомъ случаѣ они искали причину явленія за предѣлами земли. Иного рода было объясненіе, предложенное *Джессомъ* (Jesse) и *Локіеромъ*. По ихъ мнѣнію, явленіе было вызвано вулканическимъ пепломъ, мельчайшія частицы котораго во время страшнаго изверженія Кракатау поднялись на высоту до 60,000 м., были подхвачены воздушными теченіями и носились въ атмосферѣ въ теченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ.

Приблизительно въ то же время во многихъ мѣстахъ Европы выпала пыль и покрыла землю, точно снѣгомъ. Изслѣдованія *этой пыли* показали, что она состоитъ изъ крошечныхъ микроскопическихъ кристалловъ, подобныхъ тѣмъ, которые присутствовали въ пеплѣ, изверженномъ Кракатау. Отсюда было сдѣлано заключеніе, что пыль эта представляетъ упавшій съ высоты пепелъ знаменитаго вулкана. Но сходство не было полнымъ: характерные шарики вулканическаго стекла отсутствовали, и потому выводъ нельзя считать окончательнымъ. Въ подтвержденіе его указывали на существованіе подобныхъ явленій въ прежнее время. Такъ, напр., въ 1831 г. съ начала августа до конца сентября въ Европѣ наблюдалось то же своеобразное окрашиваніе неба при закатѣ солнца, а въ іюлѣ происходило подводное изверженіе, сопровождавшееся появленіемъ острова Фердинандеа (о немъ см. выше). Подобныя же явленія были отмѣчены *Бецольдомъ* въ 1864 г.; имъ предшествовало подводное изверженіе между Сициліей и Пантелляріей. Повидимому, оба факта служатъ подтвержденіемъ вышеприведенной мысли. Но такъ какъ каждый годъ происходитъ приблизительно около десяти сильныхъ изверженій, то явленіе должно было бы наблюдаться очень часто, особенно послѣ тѣхъ изверженій, которыя выбрасываютъ много пепла (какъ, напр., изверженіе Козегвины). Дѣйствительно, *Кислингъ* показалъ, что во время изверженія Темборо на Сумбавѣ въ Индѣйскомъ океанѣ весною 1818 г., солнце пріобрѣло зеленое окрашиваніе. По его мнѣнію, эти своеобразныя оптическія явленія происходятъ не такъ рѣдко, какъ думали до сихъ поръ, но все же не соотвѣтствуютъ числу изверженій, выбрасывающихъ много пепла.

На первый взглядъ этотъ доводъ рѣшительно говоритъ противъ существованія связи между вулканическими изверженіями и пурпуровымъ окрашиваніемъ небеснаго свода при закатѣ солнца. Но если принять въ расчетъ одно обстоятельство, на которое до сихъ поръ не обращали вниманія, то дѣло представится въ другомъ свѣтѣ. Изверженія 1831 и 1864 г., сопровождавшіяся своеобразнымъ окрашиваніемъ неба, принадлежатъ къ числу подводныхъ; послѣднія происходятъ значительно рѣже, чѣмъ изверженія на сушѣ. Такъ какъ послѣ обвала Кракатау морская вода встрѣтилась съ лавой, то это изверженіе въ извѣстномъ смыслѣ примыкаетъ къ подводнымъ. Можно думать, что стремительные взрывы водяныхъ паровъ принимаютъ существенное участіе въ раздробленіи изверженныхъ массъ и заставляютъ ихъ подниматься въ высшія области атмосферы. Это допущеніе удовлетворительно объясняетъ, почему другія сильныя изверженія, выбросившія огромныя массы пепла, не сопровождались окрашиваніемъ неба. Нѣкорые считали невѣроятнымъ, чтобы твердыя частицы могли подниматься на такую необычайную высоту и держались бы долгое время въ высшихъ слояхъ атмосферы. Но взрывы, быстро слѣдующіе другъ за другомъ, создаютъ

въ высшей степени благопріятныя условія для подниманія на значительную высоту дыма и пепла, выбрасываемаго вулканомъ. Надъ кратеромъ и внутри него образуется настоящій потокъ газовъ и паровъ; выбрасываемыя изверженіемъ массы летятъ, не встрѣчая почти никакого сопротивленія воздуха и подталкиваемыя взрывами, непрерывно слѣдующими одинъ за другимъ, поднимаются, наконецъ, на ту страшную высоту, гдѣ происходятъ замѣчательныя оптическія явленія, выражающіяся въ окраскѣ неба. Съ другой стороны, изслѣдованія надъ паденіемъ легкихъ тѣлъ въ воздухѣ, представляющемъ для нихъ сильное сопротивленіе, показали, что паденіе это совершается чрезвычайно медленно и что вулканическая мелко-раздробленная пыль можетъ держаться въ атмосферѣ даже въ теченіи двухъ лѣтъ. Такимъ образомъ всѣ сомнѣнія были устранены, и связь между окрашиваніемъ неба при закатѣ солнца и изверженіемъ Кракатау стала несомнѣннымъ фактомъ. Оптическія явленія, вызванныя въ атмосферѣ мелко-раздробленными частицами пепла Кракатау, были троякаго рода: они выразились необыкновеннымъ окрашиваніемъ солнца, продолжительностью и огненно-пурпуровымъ блескомъ вечерней зари и появленіемъ около солнечнаго диска красноватаго рефракціоннаго кольца (кольцо *Бишофа*). Наибольшей силы всѣ эти явленія достигали зимой 1883 г. Лѣтомъ 1884 г. они стали постепенно исчезать, а послѣднія слабыя ихъ проявленія были прослѣжены опытными наблюдателями до лѣта 1886 г.

Островъ *Ява* представляетъ одну изъ любопытнѣйшихъ вулканическихъ областей. Онъ простирается на протяженіи неполныхъ 150 геогр. миль, и имѣетъ болѣе 100 вулкановъ, изъ которыхъ хорошо изучена только половина. На землѣ нѣтъ другой мѣстности, гдѣ на такомъ незначительномъ пространствѣ находилось бы такое огромное количество кратеровъ. Изученіемъ яванскихъ вулкановъ занимались *Хорнеръ*, *Хорсфильдъ* и главнымъ образомъ *Юнгхунъ*, выдающееся сочиненіе котораго представляетъ плодъ многолѣтнихъ изслѣдованій, произведенныхъ на мѣстѣ. Благодаря этому, вулканы Явы послѣ европейскихъ изучены наиболѣе хорошо.

Вулканы Явы стоятъ приблизительно по срединѣ этого узкаго острова. Они расположены рядами, которые идутъ вдоль острова отъ запада къ востоку, и удалены отъ моря иногда только на 10 миль. Подобно вулканамъ центральной Америки они пересѣкаются многочисленными короткими поперечными рядами, направленными съ сѣвера на югъ; каждый изъ послѣднихъ имѣетъ нѣсколько кратеровъ. Другую особенность яванскихъ вулкановъ представляютъ многочисленныя прямолинейные борозды, покрывающія снаружи конусъ и на далекомъ разстояніи сообщающія горѣ полосатый видъ. „Поверхность *Гунунга* *) *Сумбинга*, вулкана въ 3343 м. высотою, кажется непрерывною наклонною плоскостью, но при внимательномъ разсмотрѣніи ея видны отдѣльные узкіе выступы, или ребра, которые по направленію книзу все болѣе развѣтвляются и становятся шире. Они начинаются иногда у самой вершины вулкана, но чаще на нѣсколько сотъ футовъ ниже ея и спускаются во всѣ стороны къ подножію горы, подобно спицамъ раскрытаго зонтика“ *(Юнгхунъ)*. На Гунунгѣ-Сумбингѣ выше 9000 ф. находится только 10 такихъ реберъ, на высотѣ 8500 ф. — 32, на 5500 ф. — 72. на 3000 ф. — 95. При этомъ покатость скло-

*) Гунунгъ — мѣстное названіе „горы“

Прим. перев.

новъ постепенно уменьшается отъ 37° до 25° и даже до $11^1/_2$°. Происхожденіе такихъ реберъ *Юнгхунъ* приписываетъ дѣйствію ручьевъ, которые послѣ дождей стекаютъ по склонамъ горы. Явленіе это представляетъ сходство съ малыми барранкосами острова Пальмы (Канарскіе острова).

Заслуживаетъ вниманія ничтожное распространеніе лавовыхъ потоковъ на островѣ. Пока Юнгхунъ не доказалъ ихъ присутствія, многіе думали даже, что ихъ вовсе не существуетъ. Гораздо чаще встрѣчаются такъ называемые каменные потоки, состоящіе изъ угловатыхъ обломковъ, они выходятъ одинъ за другимъ и спускаются по склонамъ.

Большинство вулкановъ Явы подымается на высоту отъ 2000 до 3800 м. Высочайшимъ среди нихъ является *Гунунгъ Семеру* (3740 м.), но нѣкоторые другіе вулканы немного ниже его. Огромными размѣрами обладаетъ и *Гунунгъ Тенгеръ*, кратеръ котораго достигаетъ одной географической мили въ діаметрѣ. Дѣйствующихъ вулкановъ на Явѣ около 30 изъ нихъ *Гунунгъ Гунтуръ* и *Гунунгъ Ламонгунгъ* дѣйствуютъ почти непрерывно. Кромѣ грозной катастрофы 1883 г., сохранились воспоминанія о сильномъ изверженіи *Гунунга Гелунгунга*, который произвелъ большія опустошенія (въ 1822 г.). Съ тѣхъ поръ вулканъ совершенно потухъ. Приводимъ описаніе этого явленія по *Юнгхуну* (въ нѣсколько сокращенномъ видѣ).

„Гора высится среди равнины, которая нѣкогда была покрыта обширными полями риса. Сотни небольшихъ деревушекъ, окруженныхъ кокосовыми пальмами, были разбросаны всюду, 8 октября стояла сильная жара, и около 1 часа дня все населеніе предавалось послѣобѣденному сну. Вдругъ послышался продолжительный грохотъ, и земля затряслась. Жители выбѣжали изъ домовъ и въ ужасѣ увидѣли, что изъ кратера Гелунгунга поднимается огромный столбъ чернаго дыма. Съ быстротою молніи расплавился онъ въ стороны, облекъ все небо, и вдругъ день, озаренный солнечнымъ сіяніемъ, превратился въ мрачную ночь. Перепуганные люди бросились бѣжать, и черезъ нѣсколько секундъ погибло 2000 человѣкъ. Они были залиты потоками грязи и горячей воды, смѣшанной съ пепломъ и обломками камней. Изверженныя массы покрыли площади въ $2^1/_2$ мили въ поперечникѣ, уничтожили деревни, лѣса и поля и образовали громадную лужу голубовато-сѣрой воды; трупы людей и животныхъ остатки домовъ и стволы деревьевъ плавали на ея поверхности. По грудамъ пепла и развалинъ свирѣпо неслись ручьи Чикуниръ и Чивуланъ; они уничтожали все на своемъ пути, поломали мосты и затопили окрестность. Въ волнахъ ихъ погибло много людей, которые думали спастись бѣгствомъ. Горячія воды ручьевъ. перемѣшанныя съ вулканическою грязью, несли ихъ трупы и тѣла животныхъ. На южномъ берегу, гдѣ они вливались въ море, все населеніе бросилось на близлежащіе холмы. Около 4 часовъ пополудни изверженіе стало ослабѣвать и около 5 часовъ прекратилось. Деревни съ ихъ населеніемъ были погребены подъ грудами вулканической грязи и каменныхъ глыбъ. Вся мѣстность къ юго-востоку отъ горы была покрыта изверженными массами, которыя нагромоздились до 30—40 ф. въ высоту. Вечеръ, спустившійся надъ этою омертвѣлою равниной, былъ прекрасенъ.

„Но вулканъ не успокоился. Второе изверженіе было еще разрушительнѣе и ужаснѣе. Оно произошло 4 дня спустя среди глубокой ночи и угрожало странѣ полною гибелью. 12 октября, въ 7 часовъ вечера, земля затряслась, и Гунунгъ Гелунгунгъ сталъ опять съ грохотомъ выбрасывать горячую грязь и воду. Все, что сохранилось при первой катастрофѣ было залито ихъ потоками, и изверженныя массы еще выше

нагромоздились надъ равниной. Жители, перепуганные нежданнымъ бѣдствіемъ, бросились спасаться. Они бѣжали на небольшіе холмы, подымавшіеся вблизи ихъ деревень на 60—100 ф. Здѣсь подъ вѣтвями душистыхъ „камбоджа“ покоились останки ихъ отцовъ и дѣдовъ, и здѣсь думали несчастные найти защиту. Они забыли, что и эти холмы нагромождены вулканомъ, быть можетъ, надъ трупами болѣе древнихъ поколѣній. Потоки горячей грязи становились все ужаснѣе. Съ глухимъ трескомъ катились по склонамъ обломки скалъ и деревьевъ, и грязь поднималась все выше. Ничтожнымъ становилось пространство, гдѣ ютились, моля Небо о спасеніи, сотни несчастныхъ людей. Скоро грязь поднялась до самаго кладбища. Одни холмы были залиты, другіе рушились подъ напоромъ низвергавшихся массъ. Въ эту ночь погибло болѣе 2000 человѣкъ.

„Появились новые холмы, и мѣстность стала неузнаваемой; только кое гдѣ выдвигались на ея поверхности вершины кокосовыхъ пальмъ, а почва, которая взрастила ихъ, лежала на глубинѣ 40—50 ф. Люди, спасшіеся отъ катастрофы, не узнавали мѣстъ, гдѣ лежали ихъ погибшія деревни. Кучи грязи, пепла и камней не позволяли подойти къ горѣ даже черезъ мѣсяцъ. Вся растительность была уничтожена не только около кратера и на ближайшихъ склонахъ горы, но даже на равнинѣ погибло все до послѣдней былинки. Кругомъ разстилалась черная, залитая грязью „пустыня“.

Особенность этого страшнаго изверженія заключается въ свойствахъ выброшенныхъ вулканомъ массъ; онѣ состояли изъ грязи и обломковъ скалъ, увлеченныхъ ею. Юнгхунъ ясно доказываетъ, что эти массы были извержены вулканомъ не въ этомъ видѣ, въ какомъ достигли поверхности. До изверженія внутри Гунунга Гелунунга находилось большое озеро, и грязь образовалась вслѣдствіи смѣшенія пепла съ его водой. Объясненіе тѣмъ болѣе вѣроятно, что въ концѣ изверженія выпалъ сухой пепелъ. Очевидно, что къ этому времени запасы водъ въ озерѣ истощились, и пепелъ не могъ превратиться въ грязь.

Другая столь же ужасная катастрофа произошла въ ночь съ 11 на 12 августа 1772 г. у *Папандаянга.* Послѣ сильнаго землетрясенія и взрывовъ надъ окрестностью выпалъ каменный дождь. Вмѣстѣ съ потокомъ глыбовой лавы въ 13 км. длиною, онъ погубилъ около 40 деревень и превратилъ всю страну въ пустыню. Гора, представлявшая до тѣхъ поръ правильный конусъ, дала трещину, которая шла въ сѣверо-восточномъ направленіи отъ самой вершины до подножія въ видѣ зіяющей и дымящейся котловины. Она достигаетъ 10 км. въ ширину и 24 км. въ длину и весьма напоминаетъ Большую Кальдеру острова Пальмы.

Къ востоку отъ Явы располагаются два острова—*Бали* и *Ломбокъ*, извѣстные особенностями ихъ животнаго населенія. На обоихъ островахъ находятся дѣйствующіе вулканы. Къ нимъ же примыкаетъ расположенный далѣе о-въ *Сумбава* съ ея страшной огнедышащей горой *Темборо.* Изверженіе ея въ 1815 г. принадлежитъ къ числу самыхъ замѣчательныхъ какъ по своей силѣ, такъ и по величинѣ произведенныхъ имъ опустошеній: самые ужаснѣйшіе взрывы Везувія и Этны кажутся въ сравненіи съ нимъ ничтожными. Вотъ какъ описываетъ это явленіе *Юнгхунъ.*

„На землѣ нѣтъ вулкана, который бы произвелъ столь огромное и страшное изверженіе. Въ 1815 г. пепелъ выпалъ на протяженіи всего Индѣйскаго Архипелага и покрылъ значительную часть его. Ужасный грохотъ слышался на 260 миль кругомъ. Какъ извѣстно, гора эта стоитъ одиноко на сѣверномъ берегу Сумбавы. Говорятъ, что во время изверженія 1815 г. вся вершина ея разрушилась.

„Изверженіе началось 5 апрѣля рядомъ взрывовъ, которые отдѣлялись перерывами въ $^1/_4$ часа, и 10 апрѣля достигло высшей силы. Изъ кратера поднялся огромный столбъ дыма, сначала вся гора покрылась огненнымъ потокомъ (раскаленныхъ глыбъ лавы), а потомъ окуталась облакомъ дыма и пепла. Грохотъ былъ такъ ужасенъ, что на Сумбавѣ дома дали трещины, а на разстояніи 52 миль въ Макассарѣ удары были приняты за тяжелую пушечную пальбу, и англійскій крейсеръ Бенаресъ отправился на развѣдки. Даже въ Моко-Моко на южномъ берегу Суматры, въ 260 миляхъ отъ мѣста изверженія грохотъ напоминалъ раскаты пушекъ. Шумъ, производимый Гунунгомъ Темборо, слышался по всей Явѣ, на Целебесѣ, Тернате, на малыхъ Зондскихъ и Молукскихъ островахъ до Новой Гвинеи, на большей части Суматры и на сѣверо-западномъ берегу Австраліи. Онъ охватывалъ область въ 450 миль по направленію съ востока къ западу и, вѣроятно, не меньше съ сѣвера на югъ. Это разстояніе такъ-же велико, какъ между Суэцомъ и Петербургомъ или Везувіемъ и Нордъ Капомъ (см. карту рис. 223). Въ теченіи цѣлаго дня длились эти раскаты и землетрясенія, и большая часть архипелага колебалась. 10 апрѣля около полудня въ заливѣ Бима, не смотря на полное затишье, поднялись грозныя волны. Онѣ были на 12 ф. выше, чѣмъ въ самую сильную бурю. Волны бушевали только въ теченіи 3 минутъ и въ это время смыли дома и деревья и выбросили далеко на берегъ огромные корабли. Недавно потонувшій корабль короля лежалъ теперь на сушѣ. Расплавленная лава накалила воздухъ и нарушила обычное равновѣсіе атмосферы. Въ тотъ злосчастный день, когда подземный грохотъ достигъ наибольшей силы, въ западной части страны Сангаръ, граничащей съ Темборо, въ 9 часовъ утра поднялся страшный вихрь. Онъ ломалъ деревни и лѣса, вырывалъ съ корнями огромнѣйшія деревья, и какъ пухъ поднималъ дома, людей и животныхъ и все, что встрѣчалъ на пути. Ураганъ свирѣпствовалъ цѣлый часъ и выбросилъ въ море огромное количество унесенныхъ имъ предметовъ. Спустя нѣсколько мѣсяцевъ и даже годъ на поверхности его водъ плавало множество деревьевъ.

„Всѣ эти явленія были только спутниками изверженія, которое выбросило расплавленныя и во всякомъ случаѣ накаленныя массы. Послѣднія состояли главнымъ образомъ изъ пемзоподобныхъ шлаковъ лавы, пемзы и чрезвычайно мелкаго, сѣраго, рыхлаго и тяжелаго пепла. Была ли выброшена лава—не извѣстно. Все море около Сумбавы до залива Бима, особенно къ западу отъ вулкана, было покрыто пемзой. Вмѣстѣ со стволами вырванныхъ деревьевъ она плавала пластомъ въ 2 ф. толщиною, и корабли съ трудомъ могли прорѣзать ее. Кромѣ пемзы, вулканъ выбросилъ пепелъ, который толстымъ слоемъ покрылъ большую часть Сумбавы. Страны, расположенныя вблизи вулкана Темборо, Пекатъ, Сангаръ и большая часть Домпо и Бимы были засыпаны имъ въ нѣсколько футовъ. Въ 15 миляхъ къ востоку отъ мѣста изверженія домъ резидента и другія зданія въ Бимѣ рушились подъ тяжестью лежавшаго на нихъ пепла; цвѣтущая страна была разорена, плодородныя поля, недавно еще одѣтыя зеленою растительностью, превратились въ сѣрую и мертвую пустыню. На одной только Сумбавѣ погибло 12000 человѣкъ.

„Пепелъ поднялся въ огромномъ количествѣ въ высокія области атмосферы и въ 22 миляхъ отъ Темборо на островѣ Ломбокѣ, легъ слоемъ въ 2 ф. толщиною. Здѣсь погибло 44000 человѣкъ: отчасти они были засыпаны пепломъ, отчасти умерли отъ голода, который явился слѣдствіемъ катастрофы. Въ Баньюванги, (на Явѣ) въ 52 миляхъ отъ вулкана пепелъ покрылъ землю на 8 дюймовъ. Солнце въ теченіи трехъ дней

скрывалось за тучами, и мракъ былъ чернѣе, чѣмъ въ беззвѣздную ночь. То же было и въ Грезикѣ, въ 80 миляхъ отъ Гунунга Темборо. Только 14 апрѣля послѣ полудня въ Баньювангѣ опять показалось солнце. Даже въ Соло и Джоджокертѣ, въ 112 миляхъ отъ вулкана, днемъ царила полная тьма, а въ Черибонѣ въ 140 миляхъ солнце было окутано чернымъ туманомъ. Пепелъ залетѣлъ въ Батавію и Бэнкуленъ и въ Макассаръ на Целебесѣ. Область, охваченная мракомъ, превосходила Германію, и пепелъ улеталъ на разстояніе большее, чѣмъ отъ Везувія до Кенигсберга на Балтійскомъ морѣ. Пемза на протяженіи цѣлыхъ миль покрыла море и вмѣстѣ съ пепломъ засыпала землю. Жилища были разрушены. Люди, уцѣлѣвшіе отъ изверженія и пощаженные вихремъ, погибли отъ голода и заразительныхъ болѣзней. Даже дочери Сангарскаго царя не избѣжали этой участи. Въ царствѣ Домпо осталось только 40 человѣкъ, въ Пекалѣ и Темборо 3, а въ г. Сумбавѣ—26. О большинствѣ острововъ, расположенныхъ съ одной стороны до Явы, — съ другой — до Тимора, мы не имѣемъ никакихъ извѣстій, такъ какъ на нихъ не жили европейцы. Но до извѣстной степени можно представить себѣ опустошительность катастрофы по числу ея жертвъ: кромѣ 12000 человѣкъ, погибшихъ въ малонаселенной Сумбавѣ, было уничтожено еще 44000 человѣкъ въ Ломбокѣ".

Изверженія Гунунга Гелунунга на Явѣ и Темборо на Сумбавѣ обладали такою страшною силой и выбросили такія огромныя массы рыхлыхъ продуктовъ, что всѣ европейскія изверженія, если не считать Исландіи, блѣднѣютъ передъ ними; ни одинъ изъ нашихъ вулкановъ, по крайней мѣрѣ въ историческое время, не давалъ такихъ сильныхъ изверженій. По мнѣнію *Юнгхуна* массы пепла и шлаковъ, выброшенныя Гунунгомъ Темборо, достигаютъ болѣе, чѣмъ 300 куб. км., а по мнѣнію *Вербеека*— 150—200 куб. км. Эти примѣры даютъ намъ понятіе о силѣ вулканическихъ явленій; мы можемъ отсюда видѣть, что въ теоріи, которая объясняетъ накопленіемъ происхожденіе высочайшихъ конусовъ, нѣтъ ничего преувеличеннаго.

За предѣлами Явы разсматриваемый рядъ вулкановъ идетъ черезъ *Флоресъ* и нѣсколько небольшихъ острововъ съ дѣйствующими вулканами. Онъ заканчивается *Тиморомъ*, гдѣ извѣстенъ только одинъ вулканъ. Далѣе къ востоку лежитъ нѣсколько дѣйствующихъ вулканическихъ острововъ, и линія можетъ быть прослѣжена такимъ образомъ до острова Тиморлаутъ. Конечный членъ этого ряда лежитъ приблизительно подъ 8^0 ю. ш. и подъ 130^0 в. д. отъ Гринвича, началомъ же ряда служитъ островъ Рамри близъ берега Арракана подъ 19^0 $21'$ с. ш. и 93^0 $30'$ в. д.

Въ Зондскомъ морѣ мы находимъ еще нѣсколько одинокихъ вулкановъ, которые нельзя отнести ни къ какому ряду. Таковъ, напр., вулканическій конусъ въ сѣверной части *Борнео*, но очень можетъ быть, что при ближайшемъ изслѣдованіи этого малоизвѣстнаго острова найдутся и другіе вулканы. Самостоятельный рядъ образуютъ 11 вулкановъ на полуостровѣ, составляющемъ сѣверную оконечность *Целебеса*. Нѣкоторые изъ нихъ еще дѣйствуютъ. Огромный рядъ вулкановъ тянется черезъ *Молукскіе* и *Филиппинскіе* острова, а также черезъ острова, расположенные между этими двумя группами. Эти вулканы отчасти дѣйствуютъ, отчасти потухли. Далѣе, къ сѣверу, рядъ продолжается на островѣ *Формозѣ*, гдѣ извѣстно три дѣйствующихъ вулкана. У береговъ острова много разъ происходили подводныя изверженія.

Острова, расположенные у восточныхъ береговъ Азіи и простирающіеся къ сѣверу до Берингова пролива, представляютъ три вулканическихъ дуги, величина которыхъ

убываетъ по направленію къ сѣверу. Южная дуга охватываетъ острова *Ліу-Кіу*, южные *Японскіе* острова и вулканъ на берегу *Кореи*; ко второй дугѣ принадлежатъ вулканы остальныхъ Японскихъ острововъ, за исключеніемъ сѣверо-восточнаго конца острова *Іессо*. Сѣверную дугу составляютъ вулканы сѣверной части *Іессо*, *Курильскихъ* острововъ и *Камчатки*.

Объ островахъ *Ліу-Кіу* мы знаемъ немного. Они имѣютъ немало дѣйствующихъ вулкановъ, но въ цѣломъ образованы не одними только изверженными горными породами: на островахъ этихъ извѣстны мезозойскія, вѣроятно, юрскія морскія отложенія, кристаллическіе сланцы и новѣйшіе коралловые известняки. Большинство вулкановъ располагается на мелкихъ островахъ внутри цѣпи.

Японскіе острова проявляютъ вулканическую дѣятельность съ давнихъ временъ. На древнихъ кристаллическихъ и осадочныхъ горныхъ породахъ ихъ возвышаются многочисленныя отчасти потухшія, отчасти дѣйствующія вулканическія горы. Число ихъ по сообщеніямъ различныхъ ученыхъ неодинаково: *Джонъ Мильнъ* насчитываетъ 51 дѣйствующій вулканъ, — 16 на Курильскихъ островахъ, 11 на Іессо и 24 въ средней и южной части Японскихъ острововъ. Если присоединить сюда еще потухшіе вулканы, то общее число возрастетъ, по крайней мѣрѣ, до 100.

Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали разбирать особенности японскихъ вулкановъ. Наиболѣе извѣстны среди нихъ Фушіяма, Асамаяма, Асояма, вулканическіе острова въ морѣ Сатсума и Пандай, прославившійся изверженіемъ 1886 г., *Асамаяма* (2590 м.) *) произвелъ первое изверженіе въ 864 г. Но особенно опустошительнымъ было страшное изверженіе его 1783 г. Вулканъ выбрасывалъ глыбы отъ 12—30 м. въ поперечникѣ и вылилъ (по *Науманну*) лавовый потокъ длиною въ 63 кил., который прошелъ въ теченіи 6 часовъ отъ Кумавары до Тонегавы, т.-е. сдѣлалъ 46 кил. Съ тѣхъ поръ кратеръ этотъ, извѣстный своею необычайною глубиной, находится въ непрерывной дѣятельности. Вулканъ *Асояма* (1500 м.) на островѣ Кіу-Шіу, снова дѣйствующій послѣ продолжительнаго періода покоя, извѣстенъ огромнѣйшими размѣрами наружнаго кольца: діаметръ послѣдняго достигаетъ 20 кил. Съ 796 г. этотъ вулканъ произвелъ 67 большихъ изверженій. Періодъ времени отъ 1780 до 1800 г., къ которому относится также изверженіе Асамаямы, ознаменованъ въ Японіи усиленною вулканическою дѣятельностью: часть горы Унзенъ обрушилась, а вулканическій островъ Сакурашима, появившійся, по японскимъ лѣтописямъ, въ 718 г., выбросилъ такія огромныя массы пемзы, что море было покрыто ею на протяженіи 35 кил.; въ морѣ Сатсума, къ югу отъ Кіу-Шіу образовался рядъ островковъ: 11 мая 1780 г. появились два острова; 7 іюня при новомъ изверженіи они соединились и образовали островъ Анейи-шима; 12 іюля появился островъ Ебису-шима, 29 сентября и 30 октября образовались еще два островка, позднѣе слившіеся въ одинъ. Подобныя явленія продолжались и въ началѣ слѣду-

---

*) Японскія географическія названія представляютъ соединеніе собственнаго имени съ нарицательнымъ; въ переводѣ нарицательныя имена значатъ: *яма*—гора, *даке* или *таке*—гора, вершина, *санъ* или *занъ*—гора, *сака*—склонъ горы; *сава*—долина, *мура*—село, *мине*—вершина, пикъ, *гава* или *кава*—рѣка, *шима* или *сима*—островъ, *тайра*—равнина (?). Значеніе нижевстрѣчающихся японскихъ мѣръ слѣдующее *ри*=4 версты, *хо*—шагъ; *коку*—собственно мѣра сыпучихъ тѣлъ, приблизительно 8—9 пудовъ: въ переносномъ смыслѣ употребляются, повидимому, для измѣренія поверхностей и обозначаетъ пространство, съ котораго можно собрать коку риса.
Прим. перев.

ющаго года: 3 января 1781 г. возникъ островъ Иро-шима съ вулканомъ, достигающимъ 165 м. въ высоту, а 8 января былъ насыпанъ небольшой островокъ, скоро опять исчезнувшій. Благодаря точнымъ записямъ прошлаго столѣтія, намъ извѣстно, что на Японскомъ морѣ въ историческое время появлялось множество новыхъ острововъ, которые отчасти исчезли, отчасти сохранились.

Среди всѣхъ японскихъ вулкановъ наибольшею извѣстностью пользуется *Фушiяма*, священная „ несравнимая гора японцевъ“, достигающая 3780 м. въ высоту. Кратеръ этого живописнаго, теряющагося въ облакахъ конуса, обладаетъ діаметромъ въ 400—500 м. и глубиною въ 167 м. Съ конца 8 столѣтія происходило множество изверженій Фушіямы, и нѣкоторыя изъ нихъ отличались большою силою. Особеннаго вниманія заслуживаетъ изверженіе 1707 г., о которомъ въ книгѣ „Окубокаки“ разсказано слѣдующее:

„23 дня 11 мѣсяца, въ 4 хоеи (16 декабря 1707 г.), изъ кратера поднялись огромные клубы дыма, и гора выбросила накаленный пепелъ и лаву, которые покрыли пространство въ 20 кв. ри. Пепельный дождь продолжался до 12 мѣсяца. Рѣка Саносеки-гава и огромное озеро въ 60 хо у Готембы, а также Футабази, Фукасава, и Незита были засыпаны пепломъ, такъ что въ тѣхъ мѣстностяхъ совсѣмъ не стало воды. У деревни Нисуги-мура пепелъ легъ пластомъ въ 7 ф. вышиною и почти достигалъ крышъ крестьянскихъ домовъ. Пепелъ проникъ даже въ дома, и три изъ нихъ обрушились. У деревни Мицутоносинденъ пепелъ нагромоздился до 7 ф. въ вышину, и изъ-подъ грудъ его виднѣлись только крыши домовъ; у деревни Субасимура толщина пласта пепла—10 ф. Косазуба совсѣмъ покрыта пепломъ, а храмъ Асама засыпанъ до половины.... Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ пепельный дождь достигалъ особенной силы, какъ, напр. у Микай-дамиго, бамбуковые лѣса лишились листьевъ: остались только стволы и вѣтви. Въ деревняхъ, пострадавшихъ отъ изверженія, чувствовался недостатокъ воды. Такъ какъ рисовыя поля провинціи Одавары были совершенно уничтожены, то по просьбѣ владѣтельнаго князя въ мартѣ 1708 г. правительство дало ему другую область въ 56300 коку. Письмо изъ Фушигори сообщаетъ слѣдующее: „Съ половины вчерашняго дня до двухъ часовъ сегодняшняго произошло 30 сильныхъ подземныхъ ударовъ, уничтожившихъ много домовъ. Вчера около 10 часовъ начался подземный громъ, и надъ Фушіямой были видимы черныя тучи дыма. Жители были охвачены ужасомъ, но никто не погибъ. Тучи поднимались все выше надъ горою. Въ теченіи дня ничего не было видно, но ночью изъ облаковъ вырвались огненные лучи, огонь усилился, — вылетали камни и пепелъ и падали въ сосѣднихъ провинціяхъ на разстояніи 20 ри отъ вулкана. Особенно силенъ былъ пепельный дождь въ Идзу, Сагами и Суруга, гдѣ массы пепла достигали даже 20 ф. Число засыпанныхъ домовъ и храмовъ опустошенныхъ полей нельзя даже и представить. Послѣ этого сила изверженія стала ослабѣвать, и, наконецъ, вулканъ успокоился. Тамъ, гдѣ была выброшена лава, образовался огромный кратеръ и явилась новая гора Хоейсанъ. Съ тѣхъ поръ знаменитая гора, не имѣвшая равной себѣ во всемъ Китаѣ и Кореѣ, потеряла свою очаровательную внѣшность. Какъ это грустно!“

Изъ этого документа мы видимъ, что во время изверженія были выброшены огромныя массы рыхлыхъ продуктовъ; если область, покрытая ими, и не была особенно обширна, то по количеству выброшенныхъ массъ изверженіе это почти не уступаетъ грозной катастрофѣ Темборо. Лава вылилась изъ боковыхъ паразитныхъ кратеровъ. Во время сильнаго землетрясенія 1891 г. вершина Фушіямы дали трещину: образовалось глубокое ущелье, длиною въ 300 м. и глубиною въ 200.

Особаго вниманія заслуживаетъ изверженіе *Пандая* въ сѣверной Японіи, случившееся 15-го іюля 1888 г. О немъ имѣются извѣстія многихъ японскихъ изслѣдователей, главнымъ образомъ *Секійя и Кикухи.* Этотъ вулканъ, расположенный къ сѣверу отъ озера Инавасиро и достигающій 1840 м. въ высоту, ничѣмъ не обращалъ на себя вниманія. Четыре вершины его — Обандай (самая высокая), Кобандай (самая низкая), Кусигамине и Акаханіяма окружали плоскую покрытую лѣсомъ равнину Нуманотайра, среди которой находилась дѣйствующая сольфатара. Весьма вѣроятно, что Нуманотайра представляла дно древняго кратера, а названныя выше вершины — остатки кольцевого вала.

Въ теченіи многовѣкового покоя вулкана, этотъ валъ разрушился вслѣдствіи размыванія, а, можетъ быть, и вслѣдствіи слабыхъ взрывовъ. Охладившіяся фумаролы превратились въ три горячихъ ключа, расположенныхъ на сѣверной сторонѣ Малаго Пандая (Кобандая). Послѣдніе ежегодно посѣщались множествомъ больныхъ. Катастрофа случилась столь неожиданно, что купавшіеся посѣтители этого цѣлебнаго мѣста не успѣли бѣжать. 15 іюля, въ 7 часовъ утра раздался своеобразный глухой шумъ, за нимъ послѣдовалъ отдаленный грохотъ, и черезъ полчаса произошло необычайно сильное землетрясеніе. Въ 7 час. 45 мин. вдругъ Кобандай далъ трещину; при страшномъ грохотѣ вырвались темные столбы дыма и пепла; 15 — 20 сильныхъ взрывовъ быстро послѣдовали другъ за другомъ и подняли пары на необычайную высоту. Главный взрывъ продолжался не болѣе одной минуты, затѣмъ изверженіе стало утихать и черезъ два часа кончилось. На сѣверной сторонѣ Кобандая легло огромное облако, и градъ горячихъ камней, перемѣшанный съ потоками теплой воды, обрушился на гору. Мелкіе продукты изверженія были унесены вѣтромъ до береговъ Тихаго Океана. Огромныя массы камней и земли съ поразительной быстротой низвергались по склонамъ горы въ долину Магасе: на пространствѣ въ 70 кв. км. мѣстность превратилась въ пустыню: четыре мѣстечка съ ихъ населеніемъ были уничтожены.

Подробности распространенія каменнаго обвала не лишены значенія. Совершенно неправильно разсматриваютъ иногда подобные обвалы, какъ особый видъ грязныхъ потоковъ. Въ началѣ каменныя глыбы были сухи, но потомъ, быстро скатываясь по склонамъ горы и сталкиваясь другъ съ другомъ, превращались въ пыль. Вода, выпавшая изъ облаковъ, которыя выбросилъ вулканъ, превращала ихъ въ тягучую массу, и послѣдняя, подобно жидкости, разливалась по долинѣ. Камни падали съ такою страшною стремительностью, что сравняли на своемъ пути всѣ выступы; сокрушаемыя ими горныя массы усилили обвалъ. Въ долинахъ Нагазе рѣки были запружены ими и превратились въ обширныя озера. Общая масса низвергнувшихся каменныхъ глыбъ достигала 1,123 куб. км.

Гора претерпѣла существенныя измѣненія; вершина Малаго Пандая была неузнаваема: на ея мѣстѣ зіялъ глубокій кратеръ (500 м.) съ крутыми стѣнами. Онъ былъ прорѣзанъ трещиною, направленной къ сѣверо-сѣверо-западу. Происходящее вдоль этой трещины изверженіе показываетъ, что и въ данномъ случаѣ центръ изверженія перемѣстился, какъ это обыкновенно бываетъ у вулкановъ послѣ періодовъ продолжительнаго покоя. Изъ трещины долго выдѣлялись огромные столбы паровъ.

Повидимому, причиной изверженія было внезапное расширеніе паровъ, заключенныхъ внутри горы. Вулканъ не выбросилъ ни лавы, ни пемзы, ни другихъ вулканическихъ продуктовъ; выдѣленныя массы представляли исключительно древніе туфы Кобандая, измѣненные дѣйствіемъ газовъ, прорвавшихъ ихъ. Все грозное извер-

женіе заключалось въ сильномъ взрывѣ водяныхъ паровъ, и результатомъ его было образованіе новаго эксцентрически расположеннаго кратера по типу Кальдеры, Валь дель Бове или Папандаянга. Тѣ процессы, о которыхъ мы могли только предполагать, изучая строеніе упомянутыхъ вулкановъ, совершились въ Пандаѣ на нашихъ глазахъ; въ этомъ и заключается главный интересъ изверженія.

Расположеніе японскихъ вулкановъ довольно сложно. Изученіемъ его занимались *Науманнъ* и *Тойокитси Харада.* Эти ученые показали, что между расположеніемъ вулкановъ и геологическимъ строеніемъ Японіи существуетъ извѣстная зависимость. Выводъ этотъ тѣмъ болѣе интересенъ для насъ, что онъ вообще проливаетъ извѣстный свѣтъ на расположеніе вулкановъ рядами. Японскіе острова, вытянутые по слабо-изогнутой кривой, представляютъ соединеніе двухъ горныхъ системъ. Сѣверо-японская „дуга“ (см. карту, рис. 198) по расположенію тектоническихъ линій, направленныхъ въ ней съ сѣвера на югъ, принадлежитъ къ Сахалинской горной системѣ; а южно-японская дуга, гдѣ тектоническія линіи идутъ съ запада-юго-запада на востоко-сѣверо-востокъ, примыкаетъ къ Синійской горной системѣ. На Хонсіу (Нипонѣ), въ мѣстности Кванто, направленія обѣихъ системъ сталкиваются. Здѣсь мы находимъ поперечную трещину, сопровождаемую вулканами. По имени самаго большаго изъ нихъ *Харада* назвалъ весь рядъ поясомъ Фушіямы. Къ этому поясу принадлежатъ вулканы полустрова Идзу и многочисленные вулканическіе острова, каковы: Оошима, Амаги, Този-шима. Продолженіемъ ряда служатъ вулканическіе Бонинскіе и Маріанскіе острова, лежащіе на Великомъ океанѣ. Поперечная трещина, подобная поясу Фушіямы, примыкаетъ къ юго-западному концу южно-японской дуги. Она охватываетъ поясъ Киришимы, названный такъ по одному изъ его вулкановъ, и огнедышащія горы моря Сатсума — Сакурашиму, Ивошиму и огибаетъ острова Семи Сестеръ (Линхотскіе). Черезъ середину всего ряда Японскихъ островокъ проходитъ другая важная тектоническая линія; она отдѣляетъ складчатую, бѣдную изверженными массами наружную часть островокъ отъ внутренней части, обращенной къ материку и прорѣзанной множествомъ трещинъ, сбросовъ и сдвиговъ. По мнѣнію *Харада*, послѣдняя принадлежитъ къ числу наиболѣе разбитыхъ трещинами участковъ земной поверхности. Числу и величинѣ трещинъ соотвѣтствуетъ чрезвычайное развитіе вулканической дѣятельности, которая сосредоточивается здѣсь у сѣверо-японской дуги. На Хонсіу вулканы распадаются на три параллельныхъ ряда. Наружный наиболѣе богатъ центрами изверженій, къ числу которыхъ принадлежитъ и Пандай; на поперечныхъ трещинахъ, кажется, существуютъ еще недлинные побочные ряды. Многочисленные вулканы западной части острова Іессо представляютъ продолженіе разсматриваемаго ряда.

Значительно бѣднѣе вулканами внутренняя часть южно-японской дуги, представляющая четыре ряда вулкановъ. Что касается наружной складчатой части, то вулканическая дѣятельность ея ограничивается существованіемъ отдѣльныхъ конусовъ въ родѣ Юнотаке въ провинціи Иваки.

Самую сѣверную дугу восточно-азіатскихъ вулкановъ представляютъ *Курильскіе* острова и полуостровъ *Камчатка.* Южный конецъ Курильскихъ островокъ располагается подъ угломъ къ Сахалинской горной системѣ; онъ образовался, повидимому, на мѣстѣ радіально-направленной трещины. Непосредственнымъ продолженіемъ этого ряда служатъ огромнѣйшіе вулканы Камчатки: если не считать Яву, то на землѣ не найдется области, вулканы которой превосходили бы ихъ силою изверженій и широтою дѣятельности.

Рис. 198. Карта Японскихъ вулкановъ (по Харада).

Этотъ дикій полуостровъ, покрытый горами, лѣсами и тундрами, занимаетъ площадь въ 5000 кв. м. и приближается по величинѣ къ Великобританіи или Италіи. Какъ и большинство полуострововъ и острововъ Азіи, онъ простирается съ сѣвера на югъ. Въ этомъ же направленіи располагаются и горные хребты его. Угрюмая непривѣтливая природа, отсутствіе дорогъ и малочисленность населенія дѣлаютъ его далеко не гостепріимнымъ. Путешествіе по полуострову сопряжено съ большими трудностями и лишеніями, и хотя Камчатка издавна привлекала взоры ученыхъ, свѣдѣнія о ней и до сихъ поръ слишкомъ еще не многочисленны и далеко не полны. Быть можетъ, только потому она и не прибавляетъ ничего новаго къ нашимъ свѣдѣніямъ о вулканахъ. Еще въ прошломъ столѣтіи этотъ полуостровъ посѣтили *Берингъ* (1741), астрономъ *Делиль де ла Кроэръ* и др. Съ 1733 по 1845 годъ здѣсь работала экспедиція *Крашенинникова*, результаты которой были опубликованы въ „Полномъ собраніи ученыхъ путешествій по Россіи" (СПБ., 1818 г., т. I), въ 1828 г. *Литке* сдѣлалъ осмотръ восточныхъ береговъ, но главнымъ образомъ свѣдѣніями о Камчаткѣ мы обязаны *Эрману*, посѣтившему ее въ 1829 году (см. „Ermann, Reise um die Erde") и особенно *Дитмару*. Послѣдній началъ свои изслѣдованія въ 1851 году, долженъ былъ покинуть Камчатку въ 1855 году вслѣдствіе вспыхнувшей восточной войны. Полный отчетъ объ этомъ путешествіи недавно напечатанъ въ „Запискахъ Императорской Академіи наукъ".

Несмотря на скудность свѣдѣній, Камчатка, какъ единственная вулканическая область Россіи, ознаменованная недавнею грозною дѣятельностью, представляетъ для насъ огромный интересъ. Древній остовъ полуострова образованъ гранитами, сіенитами и глинистыми сланцами; они выступаютъ на дневную поверхность въ южной части Средне-Камчатскихъ горъ и стоятъ, повидимому, въ связи съ однородными имъ породами полуострова *Тайгоноса*. Нынѣшняя Камчатка — древній гранитный островъ, — была залита позднѣе третичными (пліоценовыми и міоценовыми) морями, которыя, будучи бѣдны известью, отлагали здѣсь глины и песчаники. Перемежаясь съ конгломератами и тонкими слоями бураго угля, эти породы господствуютъ въ строеніи западной половины Камчатки; въ видѣ отдѣльныхъ островковъ онѣ встрѣчаются внутри страны и на восточномъ берегу. Третичныя отложенія полуострова были приподняты трахитами и базальтами, которые всячески нарушили ихъ напластованіе, прорѣзали въ разныхъ направленіяхъ и видоизмѣнили до неузнаваемости: до красна обожженныя глины, перегорѣлые пласты бураго угля, песчаники, окруженные базальтомъ, въ обиліи встрѣчаются на западномъ берегу, и служатъ безмолвными свидѣтелями грозныхъ вулканическихъ процессовъ, которые разыгрывались здѣсь въ третичный періодъ и въ послѣдующее затѣмъ время. На западномъ берегу древнія изверженныя массы нагромоздили рядъ коническихъ горъ каковы, напр., Элеулекенъ и горы, лежащія у рѣкъ Морошечной и Сопочной (по Дитмару).

Обширная область послѣтретичныхъ изверженій начинается, вѣроятно, въ средней части Камчатки. Къ сѣверу отъ гранитной области полуострова выдвигаются дикія Средне-Камчатскія горы, увѣнчанныя отдѣльными конусами; такова, напр., громадная *Ичинская* сопка (16000 ф.), представляющая красивый, нѣсколько притупленный конусъ, *Сиссель* и др. На памяти людей не происходило ни одного изверженія этихъ вулкановъ. Но чѣмъ далѣе на востокъ, тѣмъ свѣжѣе слѣды недавней дѣятельности. На восточномъ берегу полуострова среди развалинъ древнихъ кратеровъ и обширныхъ озеръ, заполнившихъ нѣкоторые изъ нихъ (Курильское озеро, Кроноцкое озеро, Авачинская бухта), располагается рядъ нынѣ дѣйствующихъ или недавно потухшихъ вулкановъ. Изъ нихъ по крайней мѣрѣ 12 дымятся и по сіе время, и, кромѣ того, существуетъ около 30 мѣстъ, гдѣ бьютъ горячіе ключи и дѣйствуютъ сальфатары. Отъ центральнаго хребта они отдѣляются системою рѣки Камчатки. Этотъ рядъ начинается у мыса Лопатки и оканчивается на сѣверѣ конусомъ *Шивелючъ* (Сивелючъ), который лежитъ какъ разъ на томъ мѣстѣ, гдѣ на полуостровъ вступаетъ продолженіе вулканической трещины Алеутскихъ острововъ. Дилювіальныя и рѣчныя отложенія закончили строеніе острова. Они сравняли глубокія долины, у устьевъ рѣкъ образовали косы и постепенно заполнили отрѣзанные ими участки моря. Эти отложенія покрыли и тотъ первоначальный рифъ, который отдѣлялъ древній островъ Камчатку отъ материка, и образовали современный перешеекъ. Оставляя въ сторонѣ дотретичныя образованія полуострова, остановимъ наше вниманіе на восточной цѣпи вулкановъ, дѣйствующихъ въ настоящее время.

Вулканическая цѣпь восточной половины Камчатки начинается на югѣ *Кошелевой* (Камбалиной) сопкой, за которой слѣдуютъ сопки *Ильина* (Озерная) и *Хадутка* — все потухшіе вулканы. Первый дѣйствующій вулканъ — небольшая *Асачинская* сопка; конусъ ея провалился въ 1848 г., но еще при Дитмарѣ, съ 1852 по 1855 г., изъ него почти безпрерывно поднимались огромные столбы чернаго дыма. Далѣе слѣдуютъ не дѣйствующія *Поворотная* (2417 м.), *Опальная* и *Вилючинская* (2060 м.) сопки; притупленный конусъ послѣдней изборожденъ барранкосами. Онъ ограничиваетъ съ запада живописную *Авачинскую бухту*, ко-

торая и по красотѣ, и размѣрамъ оспариваетъ у Ріо де Жанейро и Сиднея право на названіе лучшаго порта въ мірѣ. По мнѣнію Дитмара это — древній разрушенный кратеръ, заполненный водою и соединившійся съ моремъ. Проливъ длиною въ 10—12 км. и шириною до 3 км. окаймленъ крутыми стѣнами въ 240—300 м. вышиной. Онъ ведетъ въ бассейнъ площадью въ 3 кв. мили; послѣдній огражденъ высокими горами и достигаетъ въ глубину 19—27 м. Къ западу отъ этого ряда вулкановъ располагается *Курильское* озеро и сопки *Голыгина* и *Опальная*.

Къ сѣверу отъ Авачинской бухты находятся сопки *Стрѣлошная* или *Коряцкая* (3420 м.) и *Авачинская* (2548 м.). Первая представляетъ красивый конусъ съ чрезвычайно правильными барранкосами. Дитмаръ не могъ отыскать слѣдовъ недавней дѣятельности этого вулкана, но туземные жители увѣряли, что по временамъ онъ извергаетъ столбы дыма. То же пишетъ и *Мартенсъ*, спутникъ адмирала *Литке* (1828 г.): „Сія снѣжная громада, непосредственно воздымающаяся изъ равнины, представляетъ равно величественное зрѣлище, когда при ясномъ небѣ озаряется лучами солнца, или, подобно нѣкоему колоссу, бѣлѣетъ среди темной ночи. Почти безпрестанно выходитъ изъ жерла ея немного дыму, но настоящаго изверженія давно уже не запомнятъ". Вообще данныя Дитмара, повидимому, подтверждаютъ наблюденія Юнгхуна надъ яванскими вулканами, что правильные барранкосы составляютъ признакъ продолжительной бездѣятельности.

Конусъ *Авачинской* сопки (2548 м.) окруженъ полукруглымъ валомъ такъ же, какъ Везувій окруженъ Соммой. Этотъ валъ носитъ названіе „Козла" или „Козельской сопки" 27 іюля 1827 г., въ 4-мъ часу утра, къ общему удивленію жителей Петропавловскаго порта, вся мѣстность вдругъ покрылась мелкимъ пескомъ и пепломъ, которые, точно снѣгъ, неслись съ сѣвера и затмили солнце. На другой день въ 3 часа пополудни были слышны необыкновенно сильные удары; гулъ ихъ, подобный страшному грому, еще болѣе увеличивалъ ужасъ жителей. То же повторилось и 29-го, въ 8 ч. утра. Послышался запахъ сѣры: нельзя было пробыть и $^1/_4$ часа на открытомъ воздухѣ, чтобы не почувствовать удушья. Всѣ эти явленія были слѣдствіемъ изверженія Авачинской сопки. Большая часть ея вершины обрушилась въ кратеръ, откуда, точно изъ бездны, тучами вылеталъ песокъ; онъ разносился на большое пространство и падалъ сильнымъ дождемъ. Къ утру 30-го атмосфера очистилась отъ пепла, остался только непріятный запахъ сѣры. Подземные удары были такъ сильны, что жители ежеминутно ожидали провала земли. Такого страшнаго взрыва сопки никто не помнилъ. Изверженіе продолжалось и въ апрѣлѣ 1829 г. По слухамъ, до этой катастрофы Авачинская сопка была выше Коряцкой. Слѣды этого изверженія остались въ видѣ глубоко врѣзанныхъ барранкосовъ, вырытыхъ потоками горячей воды, которая образовалась отъ внезапнаго таянія снѣга. Другое изверженіе Авачинской сопки произошло въ маѣ 1855 г., вскорѣ послѣ отъѣзда Дитмара изъ Петропавлавскаго порта.

Слѣдующій дѣйствующій вулканъ — *Жупанова сопка* (2589 м.); это конусъ съ слегка притупленною вершиною и угломъ склона въ 33^0; къ сѣв. отъ р. Жупановой тянется вдоль берега такъ называемый *Мылковскій* хребетъ съ дѣйствующими вулканами, — *Семячинская* сопка, *Кихпиничъ* и *Узонъ*. Наиболѣе интересенъ послѣдній: на днѣ его обширнаго кратера, отчасти покрытаго растительностью, Дитмаръ видѣлъ множество плоскихъ и совершенно обнаженныхъ холмиковъ изъ песка и глины; они извергали столбы дыма. Въ отдѣльныхъ конусахъ замѣчались отверстія, нѣчто въ родѣ миніатюрныхъ кратеровъ съ діаметромъ не болѣе 2 метр.: въ нихъ клокоталъ и кипѣлъ очень жидкій свѣтло-сѣрый суглинокъ. Температура его достигала 92,5—107,5^0 Ц. Въ нѣкоторыхъ конусахъ онъ вытекалъ черезъ край подобно лавовому потоку; почва по сосѣдству съ ними состояла изъ сѣры, гипса и кремневой накипи. Эта дѣятельность перемѣщается въ кратерѣ Узона съ одного мѣста на другое: кое гдѣ видны были недѣйствующія сопочки; почва около нихъ была обнажена, что указывало на недавнее прекращеніе изверженій; въ другихъ мѣстахъ потухшіе конуса возобновляли свою дѣятельность и уничтожали густой растительный покровъ. *Семячинская* сопка до начала XIX в. имѣла форму остраго конуса, затѣмъ часть его проваливалась, и дѣятельность замолкла до 1847 г. Съ этихъ поръ вулканъ опять началъ дымиться. Во время посѣщенія Дитмара онъ выбрасывалъ огромный столбъ чернаго дыма, и зимой 185$^2/_3$ года послѣдовало небольшое изверженіе, сопровождавшееся сильнымъ выдѣленіемъ пепла.

Далѣе къ сѣверу расположена группа вулкановъ, окружающая *Кроноцкое* озеро. Подобно Курильскому озеру и Авачинской бухтѣ это озеро, представляетъ по мнѣнію Дитмара древній провалившійся кратеръ, заполненный водою. Съ востока оно окаймлено вулканами *Хамченъ*, *Кизименъ* и *Кроноцкая сопка* (3034 м.), съ запада *Таунскицъ*, *Унана*, *Чапина* и *Кюнзекла*. Три послѣдніе стоятъ на высокомъ плоскоріи, которое представляетъ тундру, лишенную всякой растительности. Въ этой группѣ выше всѣхъ Кроноцкая сопка.

Правильный конусъ ея покрытъ барранкосами, восточный склонъ имѣетъ уголъ 37⁰, западный 34⁰. Вулканъ этотъ издавна бездѣйствуетъ. При Дитмарѣ обнаруживали признаки дѣятельности только Кизименъ и Кюнзекла. Сѣвернымъ продолженіемъ западной цѣпи этой группы служатъ вулканы *Большая Толбача* (2377 м.) и *Малая Толбача*. Подошва перваго окаймлена многочисленными мелкими конусами. Во время Дитмара этотъ вулканъ слабо дымился.

Къ Толбачинскимъ сопкамъ примыкаетъ на сѣверѣ самая грозная по своимъ проявленіямъ и самая выдающаяся по величинѣ группа. Въ центрѣ ея располагается *Ключевская сопка*, дѣйствующая почти непрерывно. На ряду съ Килиманджаро это самый высокій конусъ земного шара. Она воздвигается непосредственно надъ берегомъ на 4886 м. *(Эрманъ)*, а по другимъ даннымъ на 5180 м. *(Гюллемаръ)*. Извѣстно немало вулкановъ, вершины которыхъ лежатъ значительно выше, но эти вулканы располагаются или на высокихъ плоскогоріяхъ, или на складчатыхъ горахъ и такимъ образомъ отъ подножія до вершины не представляютъ настоящихъ вулканическихъ конусовъ (таковы, напр., вулканы Южной Америки и Мексики). Правильный конусъ Ключевской сопки имѣетъ уклонъ въ 35—36⁰. На нижней трети его расположены многочисленные мелкіе кратеры, не проявлявшіе дѣятельности во время Дитмара. Къ югу отъ этого великана Камчатскихъ горъ лежитъ *Ушкинская* сопка (2700 м.?), а къ западу *Крестовская* сопка (3352 м.). Широкая возвышенность, служащая основаніемъ этой группы, продолжается къ сѣверу, образуя рядъ невысокихъ куполообразныхъ холмовъ (хребетъ Тимаска). Надъ низкими вершинами его высоко поднимается сопка *Сивелючъ* или *Шивелючъ*, самый крайній вулканъ Камчатки. На ряду съ Ключевской сопкой онъ проявлялъ дѣятельность въ самое недавнее время.

Въ 1829 году, 15 августа, *Эрманъ* во время своего путешествія по Камчаткѣ, въ первый разъ увидѣлъ пламя надъ Ключевской сопкой. 10 сентября онъ предпринялъ восхожденіе на вершину ея, результатомъ чего и явилось подробное описаніе этого знаменитаго вулкана. Между прочимъ онъ говоритъ: „Жители Ключей утверждаютъ, что изверженіямъ сопки всегда предшествуютъ землетрясенія. Въ домахъ, гдѣ въ окнахъ вставлена слюда, слышенъ непрерывный гулъ, къ которому мѣстные жители привыкли, но который вновь пріѣзжающіе скоро замѣчаютъ. На поляхъ и на зеленой равнинѣ, примыкающей къ подошвѣ конуса, часто встрѣчаются котлообразныя углубленія, діаметромъ въ нѣсколько туазовъ. Я ихъ едва замѣтилъ. Но мѣстные жители сообщили мнѣ, что эти ямы были вначалѣ глубоки и заполнились потомъ вслѣдствіе обвала стѣнъ: почти всѣ онѣ раскрылись на ихъ глазахъ вслѣдствіе разрыва земли. Чуть-ли не ежегодно погибаютъ люди жертвами подобныхъ случаевъ или получаютъ увѣчья, — въ счастливомъ случаѣ отдѣлываются страхомъ.

„Изверженія пепла происходятъ черезъ вершину, иногда одновременно съ лавой, иногда особо. Онѣ возобновляются нѣсколько разъ въ годъ черезъ приблизительно равные промежутки времени. Что касается опустошеній, производимыхъ изверженіями въ окрестной странѣ, то онѣ очень рѣдки, и ихъ не испытывали съ давнихъ поръ. Я могъ собрать только весьма недостовѣрныя свѣдѣнія объ этихъ старинныхъ событіяхъ по устнымъ преданіямъ. Лава достигала середины селенія и русла Камчатки нѣсколько ранѣе водворенія русскихъ на полуостровѣ (1740 г.) и второй разъ нѣсколько позже. Она зажгла деревянныя строенія и уничтожила большую часть посѣвовъ на поляхъ. Бѣдствіе было столь велико, что преданіе тщательно сохранило память о немъ.

„Историческіе факты объ изверженіяхъ лавы изъ громаднѣйшаго вулкана Стараго свѣта ограничиваются неточными извѣстіями. Эти изверженія возобновляются черезъ промежутки въ 7—10 лѣтъ и въ большинствѣ случаевъ продолжались не свыше недѣли. Нѣкоторыя изъ нихъ не подходятъ подъ это правило. Такъ, во время Крашенинникова замѣтили, какъ исключительный случай, что Ключевская сопка „горѣла“ не въ теченіи недѣли, а безъ перерыва въ теченіи трехъ лѣтъ (1727—1731). Этимъ выраженіемъ „горѣла“ мѣстные жители обозначаютъ, какъ я убѣдился изъ многихъ бесѣдъ, изліяніе лавовыхъ потоковъ, которые отдаленному наблюдателю кажутся чѣмъ то въ родѣ трещинъ, обнажающихъ раскаленную внутренность горы. Позднѣйшее изверженіе лавы, бывшее въ полной силѣ съ 6 по 14 октября 1737 года и продолжавшееся до весны 1738 г., произошло на сѣверномъ или сѣверовосточномъ склонѣ со стороны Камчатки. Расплавленныя массы, извергаясь изъ трещинъ горы, стремились внизъ въ видѣ огненныхъ потоковъ съ страшнымъ грохотомъ. Потоки были громадны, и вся гора казалась однимъ раскаленнымъ утесомъ. Внутри ея слышался громъ, отличавшійся отъ того шума, который производила лава при своемъ паденіи. Ощущались удары, потрясавшіе всю страну, и шумъ, подобный тому, который производятъ громадные кузнечные мѣхи. Однако, и на этотъ разъ жители отдѣлались только страхомъ. Пепелъ, выбрасывавшійся изъ вулкана въ громадномъ количествѣ, къ концу изверженія былъ отнесенъ вѣтромъ къ морю. Вулканъ обнаружилъ

дѣйствіе вновь 5 ноября того же года. Въ этотъ день землетрясеніемъ разрушило много домовъ въ Нижне-Камчатскѣ, расположенномъ у подошвы вулкана съ восточной стороны. Землетрясенія, вулканическія явленія и наводненія, свирѣпствовавшія на южной оконечности полуострова, продолжались до апрѣля 1738 года. Эти событія составляли только звено въ длинномъ рядѣ побочныхъ явленій. Нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что память о нихъ сохранилась не вслѣдствіе ихъ особенной важности, но, можетъ быть, благодаря тому только, что они непосредственно предшествовали прибытію въ Камчатку двухъ европейскихъ путешественниковъ — Крашенинникова и Стеллера".

Слѣдующія изверженія Ключевской сопки происходили въ 1789 г. *(Гаусъ)* и въ 1829 г. *(Эрманъ)*. Послѣднему предшествовалъ, повидимому, періодъ полнаго покоя, по крайней мѣрѣ въ 1828 г. надъ вершиной вулкана не было замѣтно ни паровъ, ни пепла *(Китлицъ)*. По особеннаго вниманія заслуживаетъ изверженіе Ключевской сопки 1853—1854 гг. Съ 1841 г. вулканъ какъ будто успокоился, и только небольшія облачка дыма появлялись надъ его вершиной. Въ 1853 г. онъ неожиданно ожилъ, начались изверженія, и мощный лавовый потокъ въ октябрѣ этого года достигъ рѣки Камчатки. Ночью съ 17 на 18 февраля 1854 г. вершина сосѣдняго вулкана Шевелючъ съ ужаснымъ грохотомъ обрушилась; лава устремилась во всѣ стороны; потоки ея достигли рѣки Еловки, а пепелъ въ селеніи Ключи легъ слоемъ въ 1 ф. До того времени Шевелючъ проявлялъ только слабую дѣятельность, выражавшуюся выдѣленіемъ пара. Когда началось грозное изверженіе его, Ключевская сопка мгновенно замолкла и только черезъ нѣсколько недѣль стала опять дымиться. Отсюда весьма вѣроятно, что подземные очаги обоихъ вулкановъ находятся въ извѣстной связи между собою. Явленіе это настолько заинтересовало *Гумбольдта*, что онъ отмѣтилъ его въ своемъ „Космосѣ" (т. IV, стр. 389—391). Любопытно, что такая же связь существуетъ между Авачинской и Асачинской сопками, которыя поочередно то повышаютъ, то понижаютъ свою дѣятельность.

Самостоятельное положеніе занимаетъ горный хребетъ, расположенный между рѣками Авачей и Быстрой; въ центрѣ его возвышается любопытный вулканъ *Баккенингъ*. Сильно разрушенный кратеръ его окаймляетъ застывшій лавовый куполъ; послѣдній также значительно разрушенъ и выдвигается среди развалинъ кратера въ видѣ трехъ зубчатыхъ скалъ. *Перев.*

Связующимъ звеномъ между вулканами Азіи и Сѣверной Америки служатъ *Алеутскіе* острова. Они располагаются къ югу отъ Берингова пролива и представляютъ сильно изогнутую дугу, обращенную выпуклостью на югъ. На западномъ концѣ этого ряда не бывало изверженій. Вулканы начинаются далѣе къ востоку и по мѣрѣ приближенія къ Америкѣ становятся все выше и круче. На Алеутскихъ островахъ насчитываютъ 48 вулкановъ; всѣ они дѣйствовали въ историческое время. Къ ихъ числу относится и островъ *Іоанна Богослова*, образовавшійся въ 1796 году (о немъ см. стр. 195).

Вулканы Америки.

Рядъ Алеутскихъ вулкановъ продолжается въ Сѣверной Америкѣ на полуостровѣ *Аляскѣ*, гдѣ извѣстно пять вулкановъ. Двѣ слѣдующихъ огнедышащихъ горы лежатъ на ближайшихъ островахъ. Въ годъ страшной катастрофы Кракатау усилилась также дѣятельность Алеутскихъ вулкановъ и вулкановъ полуострова Аляски. Островъ св. *Августина* (или *Чернобурый*), бездѣйствовавшій въ историческое время, произвелъ изверженіе въ 1883 г., 6 октября. Оно обладало характеромъ взрыва, выразилось выдѣленіемъ большого количества пепла и распространялось вдоль трещинъ острова до самаго берега; на морѣ огромныя волны расходились во всѣ стороны отъ вулкана. Въ прежнихъ русскихъ владѣніяхъ Америки упоминается еще нѣсколько другихъ вулкановъ. Среди нихъ наиболѣе извѣстна гора св. *Иліи*, достигающая 5444 м. въ высоту. Впрочемъ, недавнее происхожденіе изверженныхъ ею массъ неоднократно подвергалось сомнѣнію. Далѣе къ сѣверу, на Мѣдной рѣкѣ въ 200 км. отъ берега находится дѣйствующій теперь вулканъ — *гора Врангеля* (5300 м.).

Прежде чѣмъ перейти къ знакомству съ дальнѣйшими американскими вулканами, мы должны въ краткихъ словахъ охарактеризовать строеніе западной части материка. Огромная цѣпь складчатыхъ горъ начинается на крайнемъ сѣверѣ недалеко отъ морскаго берега, тянется черезъ западную часть британскихъ владѣній и черезъ Соединенные Штаты, гдѣ она образуетъ горы *Каскадныя* (Cascade Range) и *Сіерра-Невада* *). Здѣсь цѣпь уже удалена отъ моря и отдѣляется отъ него Прибрежнымъ хребтомъ (Coast Range). Третью огромную горную систему представляютъ *Скалистыя горы* (Rocky Mountains), которыя идутъ отъ Сѣвернаго Ледовитаго океана и прорѣзываютъ также британскія владѣнія и Соединенные Штаты. Онѣ расположены значительно восточнѣе Каскадныхъ горъ и Сіерры-Невады. Между тѣми и другими заключена *Великая Котловина* (Great Basin), въ свою очередь прорѣзанная высокими горами. Въ этой огромной котловинѣ лежатъ штаты Идаго, Утахъ Невада и Аризона, восточныя части Вашингтона, Орегона, Калифорніи и западныя части Колорадо и Новой Мексики.

Въ *Каскадныхъ горахъ* между горою *Бэкера* и *Пикомъ Лассена* располагается огромное лавовое поле, болѣе, чѣмъ въ 800 км. длиною. Оно охватываетъ не только упомянутыя горныя цѣпи, но и значительную часть штатовъ Орегона, Вашингтона и Идаго и заходитъ въ сосѣдніе штаты. *Леконтъ* считаетъ эту область не менѣе Франціи; этотъ ученый показалъ, что на рѣкѣ Колумбіи, подъ обширными лавовыми покровами, мощностью до 1300 м., располагаются новѣйшія третичныя отложенія съ растительными остатками. По мнѣнію *Гейки*, главныя массы базальта выливались непосредственно изъ трещинъ, не образуя кратера. Только въ послѣдній періодъ изверженій тутъ и тамъ были насыпаны пепломъ небольшіе конуса, которые, впрочемъ, слѣдуетъ разсматривать какъ побочные кратеры или конуса фумаролъ. Наибольшая напряженность вулканической дѣятельности въ этой мѣстности, какъ и вообще на всемъ западѣ Сѣверной Америки, относятся къ концу пліоценовой эпохи, отдѣльныя же изверженія происходили, можетъ быть, и въ недавнее время.

Въ каскадныхъ горахъ проявляется и теперь довольно значительная дѣятельность. Рядъ огромныхъ вулкановъ съ снѣжными вершинами и ледниками располагается или на самомъ хребтѣ, или на западныхъ склонахъ его. Сюда относятся, напр., гора *Гудъ*, принадлежащая къ типу сольфатаръ и достигающая 3000 м. и еще болѣе высокій вулканъ *Ренье*, съ прекрасно сохранившимся кратеромъ. Далѣе къ сѣверу лежитъ гора *Бэкера* и гора *Елены*. Первая дала изверженіе въ 1880 г., а вторая — въ 1842 и 1843 гг. (одновременно происходило и изверженіе горы Беккера). Пикъ Лассена и живописная гора *Шаста* (см. рис. 199) принадлежатъ къ числу потухшихъ вулкановъ. Послѣдняя отлично сохранила побочный кратеръ, который носитъ названіе Шастины. Одною изъ достопримѣчательностей Каскадныхъ горъ служитъ большое кратерное озеро въ Орегонѣ, достигающее 12 км. въ длину и 8 км. въ ширину; это одно изъ огромныхъ озеръ этого рода. Въ юго-западномъ краю его изъ темноголубыхъ водъ выдвигается эксцентрически расположенный пепельный конусъ.

Въ Сіерра-Невадѣ, которая служитъ южнымъ продолженіемъ Каскадныхъ горъ, широко распространены граниты и слоистыя горныя породы. Изверженныя массы

---

*) Каскадные горы получили названіе вслѣдствіе множества водопадовъ на р. Орегонѣ. Сіерра Невада — горная цѣпь, покрытая снѣгомъ, отъ sierra — горная цѣпь, собств. „пила“, nevar — неопр. накл. для обозначенія паденія снѣга. *Прим. перев.*

находятся у восточнаго подножія этихъ горъ, а также въ различныхъ частяхъ Великой Котловины и на плоскогоріи Колорадо. Отдѣльныя изверженія происходили здѣсь въ недалекомъ прошломъ. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали подробно описывать эту замѣчательную область, въ которой среди другихъ вулканическихъ образованій встрѣчаются и такъ называемые лакколиты (о нихъ см. ниже); мы ограничимся указаніемъ только замѣчательныхъ вулкановъ.

Одно изъ первыхъ мѣстъ занимаетъ *Циндеръ Конъ*, лежащій у оз. *Снэгъ*, въ 10 англійскихъ миляхъ къ сѣверо-востоку отъ Пика Лассена. Этотъ поразительно правильный и вполнѣ сохранившійся шлаковый конусъ лишенъ всякой растительности (см. рис. 200). Онъ достигаетъ 200 м. въ высоту и лежитъ на возвышенности, которая сама поднимается надъ уровнемъ моря на 2140 м. Подножіе конуса усыпано вулканическими бомбами, а на вершинѣ зіяетъ глубокій кратеръ (72 м.) съ крутыми стѣнами. Послѣдній выбрасывалъ только пепелъ, пемзу, лапилли и бомбы. Лава выдѣлялась у подножія вулкана, распространялась въ долинѣ по двумъ направленіямъ и отчасти заполнила озеро Бидвелль. Черное лавовое поле этого вулкана издали кажется ровнымъ, но при ближайшемъ изслѣдованіи оказывается, что поверхность его состоитъ изъ раздробленныхъ массъ глыбовой лавы. Очевидно, лава при выдѣленіи была густа и обладала малою подвижностью. Тамъ, гдѣ она залила озеро Бидвелль, видны на ея поверхности вторичные конусы; черезъ нихъ выдѣлялись пары, которые развивались вслѣдствіи влажности почвы, подстилавшей лаву. Края лавоваго поля со всѣхъ сторонъ представляютъ крутые обрывы около 30 м. въ высоту.

Рис. 199. Гора Шаста въ Калифорніи (по Дана).

Наблюденія надъ лавовымъ полемъ позволили американскому изслѣдователю *Диллеру* возстановить исторію вулкана. Онъ отличаетъ въ дѣятельности Циндеръ Кона два періода, отдѣленные продолжительнымъ покоемъ. Сначала произошелъ сильный взрывъ, сопровождавшійся изверженіемъ пемзы и пепла, которые образовали около вулкана поле въ 12,8 км. въ поперечникѣ и насыпали конусъ. Магма, выдѣлившая пузыристую пемзу и пепелъ, была богата газами и парами, но не настолько, чтобы могла произойти мелкая вулканическая пыль. Слѣдовъ послѣдней не видно на краяхъ поля. Затѣмъ были выброшены лапилли и бомбы изъ болѣе глубокихъ и менѣе богатыхъ газами областей магмы. Въ слѣдующій періодъ у подножія конуса вылились древнія лавы: изверженіе сопровождалось выдѣленіемъ небольшихъ

количествъ вулканическаго песку и лапилли. Далѣе Циндеръ Конъ прекратилъ свою дѣятельность. На той части лавоваго поля которая расположилась въ озерѣ Бидвелль, осѣлъ пластъ органическихъ осадковъ, до 10 ф. мощностью. Во второй періодъ дѣятельности вулканъ не производилъ взрывовъ и вылилъ тягучую глыбовую лаву, которая образовала ровное лавовое поле и отдѣлила озеро Снэгъ отъ долины.

Эта лава залила деревья, остатки которыхъ сохранились до сихъ поръ. *Диллеръ* наводилъ справки у старыхъ колонистовъ и индѣйцевъ, надѣясь опредѣлить время послѣднихъ изверженій, но безуспѣшно. По характеру растительности, постра-

Рис. 200. Потухшій вулканъ Циндеръ Конъ у озера Снэгъ въ Великой Котловинѣ Сѣверной Америки (по Диллеру).

давшей отъ лавы, и по свойствамъ упомянутыхъ выше осадковъ въ озерѣ Бидвелль, можно предположить, что со времени древнѣйшаго изверженія прошло, по крайней мѣрѣ, 200, а со времени позднѣйшаго—50 лѣтъ. Лава вулкана Циндеръ Конъ носитъ базальтовый характеръ. Особеннаго вниманія заслуживаетъ обильное присутствіе кварцевыхъ зеренъ.

Другая вулканическая область, ознаменованная недавними изверженіями, находится къ югу отъ вулкана Циндеръ Конъ, у не имѣющаго стоковъ соляного озера Моно. Она располагается между восточными склонами Сіерры Невады и обширною равниной. На островахъ Па-о-ха и Негитъ, выдвигающихся среди озера Моно, можно отмѣтить по крайней мѣрѣ десять хорошо сохранившихся кратеровъ, а къ югу отъ озера располагается рядъ вулкановъ, изогнутый въ видѣ дуги малой кривизны и состоящій изъ двадцати конусовъ. Онъ тянется съ сѣвера на югъ на протяженіи 16 км. Главный конусъ поднимается на 838 м. надъ поверхностью озера и 2890 м. надъ

уровнемъ моря. Другіе вулканы этого ряда достигаютъ тоже значительной высоты. Цѣпь эта производила бы на путешественника величественное впечатлѣніе, если бы его не подавляла высота горъ Сіерры Невады и особенно горъ Дана. Одни вулканы состоятъ изъ свѣтлыхъ лапилли, другіе изъ шлаковъ, третьи выдѣлили также и лаву, которая отчасти переселилась черезъ края кратера, отчасти осталась внутри него въ видѣ широкой выпуклой глыбы (рис. 201). Подобное явленіе наблюдалось и въ другихъ мѣстахъ, гдѣ выливались кислыя мало подвижныя и быстро застывающія лавы. Свѣтлые конуса образуютъ поразительный контрастъ съ черными, рѣзко отдѣляющимися отъ нихъ ріолитовыми и обсидіановыми потоками. Вулканы области Моно дѣйствовали въ ледниковую эпоху, но весьма вѣроятно, что ихъ изверженія продолжались и во время отступанія ледниковъ и не имѣющихъ стока озеръ; по край-

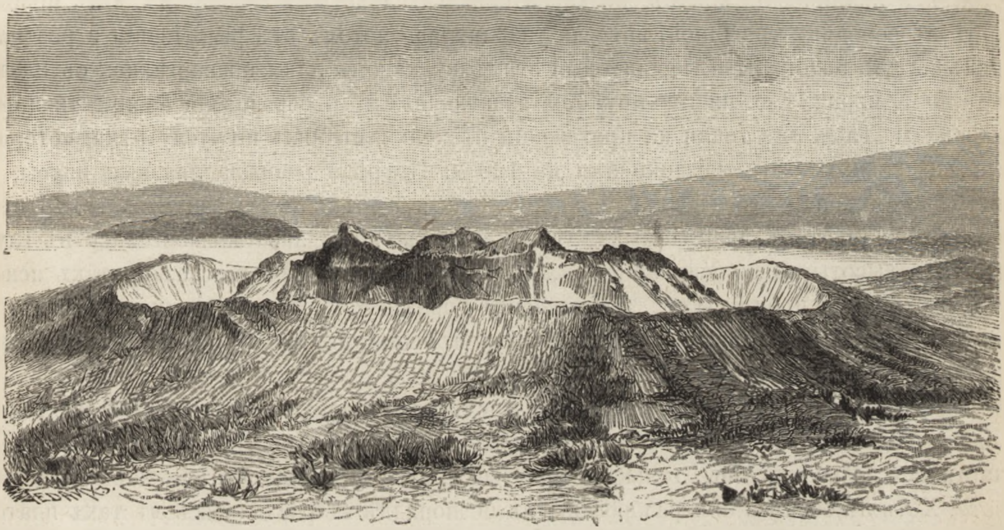


Рис. 202. Кратеръ Панумъ у оз. Моно въ Калифорніи (по Русселю).

ней мѣрѣ, ледниковыя морены прикрыты вулканическимъ пепломъ, а въ кратерѣ озера Моно нѣтъ ни осадковъ, ни береговыхъ линій, указывающихъ на прежній высокій уровень воды. Въ настоящее время на островахъ Па-о-ха и Негитъ существуютъ слабыя фумаролы и горячіе ключи. Они являются послѣднимъ остаткомъ прежней сильной дѣятельности.

Вулканическія образованія, расположенныя къ югу отъ Большого соляного озера, изслѣдованы *Жильбертомъ*. У Фильморы лежатъ вулканы *Айсъ Спрингъ*, состоящіе изъ трехъ хорошо сохранившихся конусовъ и девяти разрушенныхъ кратеровъ; они образованы рыхлыми шлаками. Высочайшій изъ этихъ вулкановъ поднимается на 76 м. надъ окрестностью. Въ 16 км. къ сѣверу отъ Айсъ Спринга находится туфовый конусъ Павантъ Буттъ въ 244 м. высотою, а къ югу отъ него лежитъ кратеръ Табернакль (Храмъ), названный такъ вслѣдствіи его сходства съ Храмомъ Мормоновъ въ городѣ Соляного озера. Не имѣющая стоковъ область пустыни Карсонъ, расположенной къ сѣверу отъ Моно, представляетъ также рядъ новѣйшихъ невысокихъ конусовъ съ глубокими и обширными кратерами, которые обладаютъ извѣстнымъ сходствомъ съ описанными выше маарами. Въ такихъ кратерахъ и лежатъ Большое и Малое Содовыя озера.

Въ южной части Великой Котловины на плоскогоріи Уинкаретъ, на сѣверной сторонѣ Большого Каньона рѣки Колорадо и на большемъ протяженіи къ югу отсюда лежатъ древніе базальтовые покровы. На ряду съ ними, встрѣчаются продукты новыйшихъ изверженій, но они занимаютъ значительно меньшее пространство. Мы разсмотримъ здѣсь тѣ небольшіе конуса, которые располагаются въ Большомъ Каньонѣ. Какъ будетъ описано ниже Большой Каньонъ рѣки Колорадо представляетъ ущелье, прорѣзывающее всю равнину и дающее много боковыхъ вѣтвей. Глубина его 2000 м., стѣны падаютъ почти отвѣсно. Въ долинѣ Торовеапъ въ горизонтальныхъ пластахъ, образующихъ голую стѣну, высотою въ 800 м., видны тонкія базальтовыя жилы. Множество жилъ прорѣзываютъ и самый Каньонъ (см. рис. 213). Одна изъ нихъ простирается до поверхности нижняго плато, такъ называемой Эспланады, гдѣ стоитъ вулканическій конусъ, съ характернымъ слоистымъ строеніемъ. Онъ прорѣзанъ въ серединѣ трещиной, которая увеличилась потомъ отъ размыванія и разбила пикъ на двѣ половины. Выброшенныя этимъ вулканомъ лавы низвергались съ плато на дно Каньона. т.-е. на глубину 600 и даже 800 м. и образовали величественные лавопады. Тамъ онѣ текли на протяженіи нѣсколькихъ миль по руслу рѣки, которое и было однажды загромождено ими на 120 м. Но рѣка размыла лавовыя массы, и глубина Каньона снова увеличилась до прежнихъ размѣровъ. Поразительную картину представляетъ такъ называемый „Тронъ Вулкана“, гдѣ лава низвергалась въ глубину съ высоты плато Уинкаретъ: „здѣсь исторія прошлаго разсказана такъ ясно, что и ребенокъ прочтетъ ее“. *(Дуттонъ)* Гораздо труднѣе понять, какъ базальтовая лава могла подняться въ этихъ узкихъ трещинахъ на такую высоту, какъ она не застыла на стѣнахъ трещинъ и не заперла ихъ.

Число кратеровъ, относящихся къ послѣднему періоду вулканической дѣятельности, достигаетъ къ сѣверу отъ р. Колорадо приблизительно 150. Размѣры большей части ихъ незначитальны, только нѣкоторые конуса достигаютъ 210—245 м. въ высоту. Хотя въ общемъ они разбросаны въ безпорядкѣ въ различныхъ мѣстахъ плато, но въ большинствѣ случаевъ въ нихъ можно подмѣтить слѣды рядового расположенія. Замѣчательно, что всѣ эти горы, за исключеніемъ „Трона Вулкана“, удалены отъ главныхъ линій сбросовъ и предпочтительно располагаются на незначительныхъ трещинахъ. Лава свѣжа въ такой-же степени, какъ потоки Везувія, выброшенные 20—30 лѣтъ назадъ. На поверхности лежитъ пемза. Дуттонъ предполагаетъ, что послѣднія изверженія происходили уже послѣ того, какъ испанцы завладѣли страной, и считаетъ возможнымъ новое побужденіе вулканической дѣятельности.

Скажемъ теперь о вулканахъ *Калифорнской прибрежной цѣпи.* И здѣсь мы находимъ кратеры новѣйшаго происхожденія, покрытые вулканическими лапилли, базальтовыя лавы и стекла. Таковъ, напр., кратеръ Макъ Пикъ и многіе другіе вулканы въ окрестностяхъ Сѣрной мели (Sulphurbank) у Чистаго озера (Clear Lake), гдѣ располагаются извѣстныя мѣсторожденія ртути. Повидимому, въ этой мѣстности изверженія происходили только 40 лѣтъ назадъ. Мы видѣли, что вулканы Сіерры Невады, Великой Котловины и плато Колорадо разбросаны въ безпорядкѣ. Замѣчательно, что въ прибрежномъ хребтѣ мы наблюдаемъ какъ разъ обратное явленіе. Вулканы лежатъ на продольныхъ трещинахъ, которыя идутъ параллельно главному простиранію хребта,— и вдоль всей цѣпи можно прослѣдить настоящій поясъ вулканическихъ горныхъ породъ.

Много своеобразнаго представляютъ *мексиканскіе вулканы.* Большая часть ихъ лежитъ не въ прибрежныхъ мѣстностяхъ, какъ это надо было ожидать, а предста-

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ВЕРШИНА ПОПОКАТЕПЕТЛЬ
(по фотографіи Г. Лепка).

вляетъ поясъ, прорѣзывающій страну въ поперечномъ направненіи отъ Тихаго до Атлантическаго океана. Онъ приблизительно совпадаетъ съ южнымъ обрывомъ Мексиканскаго плоскогорія. Вдоль этой главной трещины располагаются Попокатепетль, Серро де Ахуско, Невадо де Толука, вулканы у Патцкуаро, Патамбанъ и Буфа де Маскота, а можетъ быть и вулканъ Тухтла на крайнемъ востокѣ. Къ югу отъ этой главной трещины лежитъ другой параллельный ей рядъ вулкановъ. Къ нему относится Хорулло, Пикъ де Танситаро и вулканы Колима. По *Феликсу* и *Ленку* главная трещина прорѣзывается второстепенными трещинами, которыя идутъ съ сѣвера на югъ, параллельно простиранію Андовъ. На этихъ трещинахъ также располагаются вулканы. Таковы, напр., Пикъ Орисаба (Ситлалтепетль, 5393 м.), Кофре де Пероте, вул-

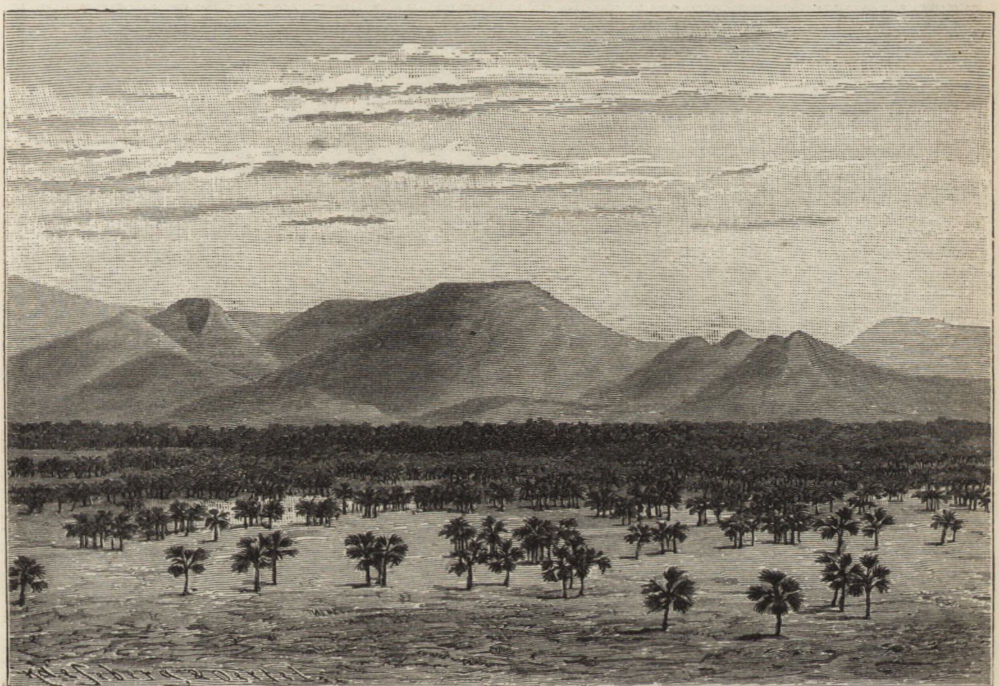


Рис. 202. Хорулло въ Мексикѣ (по фотографіи д-ра Ленка).

каническая область Санъ Андре, группа вулкановъ Заморы и Себоруко. На линіи, направленной къ сѣверу отъ Попокатепетля, лежитъ высокій Истаксихуатль съ снѣжною вершиной и ледниками. Кромѣ того на самомъ плоскогоріи встрѣчаются вулканическія массы, не обнаруживающія никакой правильности въ ихъ расположеніи. *Попокатепетль* (см. рис. на особомъ листѣ), достигающій 5420 м. въ высоту, съ конца XVII вѣка не проявляетъ дѣятельности. Это туфовый вулканъ съ слѣдами древней соммы и эксцентрически расположеннымъ кратеромъ. Наоборотъ, Истаксихуатль, по *Феликсу* и *Ленку*, представляетъ гребень съ множествомъ зубчатыхъ вершинъ. Онъ достигаетъ 4800 м. въ высоту и образованъ, повидимому, мощными массами, вылившимися изъ трещинъ. Склоны его покрыты крупно-зернистымъ пепломъ Попокатепетля. Много мексиканскихъ вулкановъ уже потухло, но, съ другой стороны здѣсь неоднократно возникали и новые кратеры. Такъ, напр., въ 1759 г. появился Хорулло, въ 1870—Почутла, а въ 1881 образовался новый вулканъ въ горахъ Ахуско, приблизительно въ 36 географ. миляхъ отъ обоихъ океановъ.

Въ виду того огромнаго значенія, которое представляетъ для науки появленіе *Хорулло*, мы должны остановиться на немъ нѣсколько подробнѣе (см. рис. 202, 203 и 204). Вотъ какъ разсказываетъ объ этомъ событіи Гумбольдтъ въ четвертомъ томѣ своего „Космоса“ (приводимъ его описаніе въ сокращенномъ видѣ):

„Въ ряду мексиканскихъ вулкановъ самое видное мѣсто занимаетъ Хорулло, внезапно появившійся и выбросившій лаву. Со времени моего американскаго путешествія это событіе пріобрѣло огромную извѣстность. Изверженіе произошло въ ночь съ 28 на 29 сентября 1759 года въ обширной, издавна спокойной равнинѣ прежней

Рис. 203. Кратеръ вулкана Хорулло.

провинціи Мичоаканъ, гдѣ на разстояніи цѣлыхъ 30 геогр. миль не существовало ни одного вулкана. Появленію Хорулло предшествовалъ непрерывный подземный шумъ, впервые замѣченный 29 іюня. За день до изверженія новаго вулкана, случившагося въ 3 часа утра, наблюдалось явленіе, которое обыкновенно имѣетъ мѣсто въ концѣ изверженія. Тамъ, гдѣ теперь стоитъ огромный вулканъ, красовалась прежде густая роща гуявъ, плоды которыхъ такъ любятъ туземцы. Рабочіе съ сахарныхъ плантацій, принадлежащихъ къ усадьбѣ (хасіендѣ) Санъ Педро Хорулло, пришли сюда для сбора плодовъ. Когда они возвращались домой, то къ удивленію замѣтили, что ихъ соломенныя шляпы покрыты пепломъ. Послѣ этого тамъ, гдѣ теперь раскинулось мрачное лавовое поле Мальпайсъ (въ переводѣ—бугристое поле лавы), появились трещины, но на равнинѣ пока еще не произошло никакихъ другихъ измѣненій. Въ началѣ ночи пепелъ лежалъ въ 1 ф. толщиною. Всѣ бросились бѣжать къ холмамъ

индѣйской деревушки Агуасарко, которая лежала на 2260 ф. выше прежней равнины Хорулло. Какъ гласитъ преданіе, съ этихъ высотъ было видно, какъ на большомъ протяженіи всю эту мѣстность охватило грозное изверженіе. По разсказамъ очевидцевъ, изъ пламени вдругъ показалась огромная безформенная масса, подобная черной крѣпости.

„Преданія объ этомъ событіи пользуются широкимъ распространеніемъ среди мѣстныхъ жителей, которые единогласно разсказываютъ, что въ первые дни изверженія на ряду съ огромными массами скалъ, шлаковъ, вулканическаго песку и вулканическаго пепла была выброшена грязная вода. Всѣ очевидцы утверждаютъ, что передъ появленіемъ ужасной горы слышались подземные удары и подземный грохотъ, а въ день изверженія плоская равнина приподнялась и покрылась множествомъ вздутій, изъ которыхъ самое большое и образовало нынѣшній вулканъ. Эти вздутія обладали различными размѣрами и въ большинствѣ случаевъ представляли правильную коническую форму. Когда они лопались, то изъ появившихся отверстій вылетала кипящая грязь, шлаки и черныя массы камней, которые и до сихъ поръ попадаются даже на большомъ удаленіи отъ вулкана. Эти историческія извѣстія, къ сожалѣнію недостаточно подробныя, вполнѣ согласны съ тѣмъ, что мнѣ привелось слышать въ 1803 г. изъ устъ мѣстныхъ жителей.

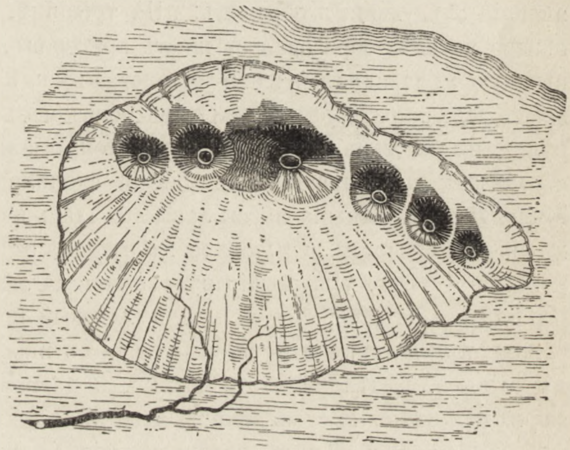


Рис. 204. Карта Хорулло.

„Равнина Хорулло, подымающаяся на 2400 ф. надъ уровнемъ моря, лежитъ на западныхъ склонахъ центральной горной цѣпи Мексики, которая простирается съ юго-юго-востока на сѣверо-сѣверо-западъ. Подобныя равнины нерѣдко оканчиваются уступами и прерываютъ склоны Кордильеровъ. Круглая выпуклая часть поднявшейся равнины достигаетъ приблизительно 12000 ф. въ поперечникѣ и занимаетъ пространство болѣе $^1/_3$ кв. географ. мили. Собственно вулканъ Хорулло и пять другихъ горъ, образовавшихся одновременно съ нимъ на той же трещинѣ, располагаются такимъ образомъ, что только незначительная часть Мальпайса лежитъ къ востоку отъ нихъ. Сравнивая высоту барометра въ томъ мѣстѣ, гдѣ началось поднятіе, и непосредственно у подножія вулкана, я нашелъ, что разность высотъ этихъ точекъ достигаетъ 444 футовъ. Домъ, въ которомъ мы жили, лежалъ приблизительно на разстояніи 1 км. отъ края Мальпайса. Здѣсь виденъ небольшой, но крутой обрывъ до 12 ф. въ высоту; съ него падаетъ ручей, вода котораго стала теперь горячею. Изслѣдуя этотъ обрывъ, я могъ сдѣлать нѣкоторыя заключенія о внутреннемъ строеніи мѣстности. Она представляетъ горизонтальныя слои глины, перемѣшанныя съ пескомъ. Въ другихъ мѣстахъ, я не изслѣдовалъ, въ крутыхъ обрывахъ, ограничивающихъ поднявшійся участокъ, *Буркартъ* наблюдалъ свѣтло-сѣрые, мало плотные базальты съ многочисленными зернами оливина. Вопреки мнѣнію извѣстныхъ геологовъ, которые выпуклость у подножія вулкана приписываютъ только скопленіямъ лавы, этотъ опытный и осто-

рожный изслѣдователь, на основаніи данныхъ, собранныхъ на мѣстѣ, пришелъ, какъ и я, къ заключенію, что дѣйствіемъ упругихъ паровъ земля передъ изверженіемъ образовала подобныя пузырямъ вздутія.

„Тысячи небольшихъ круглыхъ или нѣсколько вытянутыхъ конусовъ (такъ называемыхъ „горнитосовъ" *), покрываютъ равнину; они достигаютъ въ среднемъ 4—9 ф. въ высоту и почти исключительно сгруппированы на западной сторонѣ большого вулкана; впрочемъ восточная часть занимаетъ едва только $^1/_{25}$ всего вздутія".

Такимъ образомъ даже горнитосы разсматривались, какъ явленія поднятія. Позднѣе Хорулло посѣтилъ *Соссюръ* и совершенно основательно пришелъ къ противоположнымъ выводамъ: „Образованіе Хорулло нельзя объяснить поднятіемъ: явленія, сопровождавшія его, не только не подтверждаютъ такого взгляда, но даже напротивъ, показываютъ, что самыя сильныя изверженія могутъ происходить безъ всякихъ нарушеній въ расположеніи около-лежащихъ пластовъ". *Скропъ* объясняетъ это явленіе слѣдующимъ образомъ: „На трещинѣ, прорѣзывающей глубокую равнину съ сѣвера на югъ, образовалось шесть кратеровъ, и надъ каждымъ изъ нихъ выброшенныя массы шлаковъ нагромоздились въ видѣ конусовъ. Весьма вѣроятно, что изъ всѣхъ этихъ кратеровъ и главнымъ образомъ изъ большого центральнаго конуса Хорулло, вылились обильные потоки густой базальтовой лавы, которая не могла распространиться на большое разстояніе и скопилась въ видѣ высокаго выпуклаго поля Мальпайсъ. Послѣднія массы лавы вылились изъ кратера Хорулло и, вслѣдствіи своей малой подвижности, образовали въ сторонѣ отъ конуса выступъ, существующій и теперь; наоборотъ, у подножія вулкана видна лава Мальпайса. Изверженіе выбросило огромныя массы чернаго пепла, и лавовый потокъ на 1 или 2 ф. покрылся слоемъ обломковъ, которые дѣйствіемъ горячихъ паровъ пріобрѣли строеніе конкрецій; фумаролы же, выдѣлявшія эти шлаки, и нагромоздили горнитосы, которые по своей формѣ напоминаютъ стоги сѣна". (Взято изъ двухъ различныхъ мѣстъ сочиненія Скропа).

Феликсъ и *Ленкъ*, изслѣдовавшіе Хорулло въ 1888 г., нашли только одинъ горнитосъ; остальные разрушились. Эти ученые разсматриваютъ горнитосы не только какъ шлаковые конусы фумаролъ, но видятъ въ нихъ также примѣръ простѣйшаго вздутія, произведеннаго парами и газами, которые вырывались изъ полузастывшаго и покрытаго массами туфа лавоваго потока.

Объясненіе происхожденія Хорулло, сдѣланное *Скропомъ*, въ общихъ чертахъ правильно, и вулканъ этотъ не можетъ больше служить доводомъ въ пользу теоріи поднятія. Но еще ближе къ истинѣ стоитъ *Рейеръ*, который въ появленіи Хорулло видитъ сходство съ исландскими изверженіями, по его мнѣнію это массовое изліяніе малоподвижной лавы, происшедшее вдоль трещины, на которой образовался рядъ побочныхъ конусовъ. Одинъ изъ нихъ выбросилъ также обыкновенную лаву. Выдѣленіе пепла предшествовало изверженію и въ болѣе слабой степени наблюдалось въ концѣ его.

Существованіе въ Мексикѣ трещины, которая простирается отъ одного океана къ другому и къ которой принадлежитъ Хорулло, — явленіе поразительное: можно сказать, что подобнаго ему не найдется на всей землѣ. Оно пріобрѣтаетъ тѣмъ большій

---

*) Въ Энциклопедическомъ лексиконѣ Плюшара горнитосы, какъ и вообще конуса фумаролъ, наз. „дымницами". Во всякомъ случаѣ этотъ терминъ не лишенъ интереса.

Прим. перев.

интересъ, что, по всей вѣроятности, на западномъ продолженіи трещины располагаются въ Тихомъ океанѣ острова Ревилья Гигедо съ дѣйствующими вулканами.

Соконуско въ южной Мексикѣ открываетъ рядъ средне-американскихъ вулкановъ. Безчисленные конусы этого тѣсно сплоченнаго ряда тянутся до юго-западнаго конца республики Костарика и дѣлятся по государствамъ, въ предѣлахъ которыхъ они располагаются. Группы, получающіяся такимъ образомъ, — *Гватемала, Санъ Сальвадоръ, Гондурасъ, Никарагуа* и *Костарика*, — не соотвѣтствуютъ никакимъ естественнымъ отличіямъ вулкановъ. Расположеніе этихъ огнедышащихъ горъ и ихъ отношеніе къ древнимъ горнымъ цѣпямъ представляетъ нѣкоторыя особенности. Болѣе широкая сѣверо-восточная часть центральной Америки, примыкающая къ Атлантическому океану, представляетъ одну горную цѣпь, образованную древними массивными породами, кристаллическими сланцами и осадочными образованіями. Болѣе узкая юго-западная часть, примыкающая къ берегу Великаго океана, представляетъ равнину. Среди послѣдней возвышается до 60 вулкановъ. Они не представляютъ простого непрерывнаго ряда, но, подобно вулканамъ Явы и Мексики, иногда стоятъ отдѣльно, иногда группируются вдоль поперечныхъ трещинъ, прорѣзывающихъ страну съ юго-запада на сѣверо-востокъ. Въ общемъ средне-американскіе вулканы не достигаютъ значительной высоты: нѣкоторые изъ нихъ, несмотря на поразительную силу ихъ дѣятельности, являются незначительными холмами. Такова, напр., *Козегвина* въ Никарагуа, достигающая только 162 м. Огромныя горы находимъ мы вблизи города *Гватемалы*, гдѣ нѣкоторыя вершины поднимаются выше 4000 м. Сюда же относятся расположенные на вышеупомянутой поперечной трещинѣ вулканы *Акатенанго, Волькань де Фуэго* (Огненный вулканъ) и *Волькань де Агуа* (Водяной вулканъ). Оба послѣдніе вулкана получили свои названія вслѣдствіи того, что одинъ произвелъ опустошенія вылитой имъ лавой, а другой — массами воды, выброшенными изъ озера, которое находилось въ кратерѣ. Въ *Санъ-Сальвадорѣ* находится чрезвычайно важный вулканъ *Исалько* (только 641 м.), изслѣдованный *Зеебахомъ*. Онъ образовался въ концѣ прошлаго столѣтія (въ 1770 или 1793 г.) и съ тѣхъ поръ находится въ непрерывной дѣятельности. Въ 1879 г. въ той же мѣстности у Илопанго, въ 12 км. отъ г. Санъ-Сальвадора, образовался еще новый вулканъ.

На сѣверо-западной оконечности *Никарагуа*, глубоко вдающейся въ заливъ Фонсека, располагается *Козегвина*. Несмотря на свои незначительные размѣры, этотъ вулканъ по силѣ своихъ изверженій стоитъ въ одномъ ряду съ Кракатау, Гунунгомъ Гелунгунгомъ на Явѣ и Темборо на Сумбавѣ. Извѣстны изверженія его въ 1709, 1809 и особенно въ 1835 гг. Послѣднее замѣчательно тѣмъ, что выброшенныя имъ массы были занесены даже дальше, чѣмъ во время знаменитаго изверженія Темборо въ 1815 г.; другими словами, напряженіе вулканической дѣятельности достигло здѣсь такой высоты, какой мы не знаемъ въ другихъ случаяхъ.

„Изверженіе началось въ январѣ 1835 г. послѣ двадцати шестилѣтняго покоя. При страшномъ шумѣ густое пирамидальное облако распространилось въ ширину и закрыло солнце. По прошествіи какого-нибудь часа и земля, и небо были окутаны глубокимъ мракомъ, и только молніи нарушали его; раскаты грома слѣдовали за ними. Около полудня началось землетрясеніе; оно все усиливалось, и люди падали на дорогѣ вслѣдствіи сильнаго колебанія почвы. 23 января ознаменовалось страшнымъ грохотомъ, подобнымъ пальбѣ тяжелыхъ оружій. Пепелъ падалъ въ огромномъ количествѣ и покрылъ всю окрестность. Такъ продолжалось до 27 января. На да-

лекомъ разстояніи эти явленія давали себя чувствовать различнымъ образомъ. На берегу Полочика съ 22 до 23 слышался шумъ черезъ правильные промежутки. Въ г. Санъ-Сальвадорѣ думали, что происходитъ изверженіе Санъ-Винсента, расположеннаго значительно ближе. Полный мракъ длился 43 часа. Пепелъ и пемза покрывали все на большомъ протяженіи (см. карту рис. 223). Пепелъ распространился до Чіапы, расположенной въ 400 часахъ пути къ сѣверу отъ мѣста изверженія. 24 и 25 онъ выпалъ у Св.-Анны на Ямайкѣ, т.-е. на разстояніи 400 англійскихъ миль отъ вулкана. Такимъ образомъ ежедневно онъ пролеталъ по крайней мѣрѣ 170 миль. Подъ 7°26′ с. ш. и 104°45′ з. д. отъ Гринвича, въ 1100 англійскихъ миляхъ отъ Козегвины корабль „Конуэ“ натолкнулся на пемзу, которая покрывала море на протяженіи 40 миль. Въ заливѣ Фонсека пепелъ насыпалъ два острова длиною до 300 ф. Береговая линія передвинулась на 800 ф. вслѣдствіи загроможденія моря изверженными массами. Въ Санта-Фе-де-Богота (въ Южной Америкѣ, въ республикѣ Колумбіи), грохотъ былъ такъ силенъ, какъ будто онъ происходилъ гдѣ-нибудь по сосѣдству, а между тѣмъ этотъ городъ удаленъ отъ Козегвины на 31 англійскую милю“ *(Фуксъ)*.

Въ *Костарикѣ* рядъ средне-американскихъ вулкановъ прерывается. Новая цѣпь огнедышащихъ горъ, принадлежащая западному берегу Южной Америки, располагается значительно дальше и, какъ показываетъ карта, идетъ въ совершенно иномъ направленіи. Горныя цѣпи и вулканы этой части Южной Америки принадлежатъ уже другой системѣ. Важная особенность огнедышащихъ горъ этой мѣстности заключается въ ихъ *значительномъ удаленіи отъ моря*. Только самые южные изъ нихъ стоятъ у берега. Вулканъ Толима расположенъ въ 40 миляхъ отъ моря, цѣлый рядъ другихъ вулкановъ въ 30 миляхъ, а Сангай, можетъ быть, наиболѣе дѣятельный изъ всѣхъ вулкановъ земли, отстоитъ отъ океана на 28 миль. Большинство этихъ вулкановъ, въ противоположность вулканамъ центральной Америки расположено на Андахъ и достигаетъ огромной высоты, такъ какъ горы, на которыхъ они стоятъ, сами поднимаются высоко надъ уровнемъ моря. Другая замѣчательная особенность южно-американскихъ вулкановъ заключается въ относительно маломъ количествѣ лавовыхъ потоковъ. Въ этомъ смыслѣ разсматриваемые вулканы представляютъ сходство съ яванскими.

Вулканы сопровождаютъ южно-американскіе Анды не на всемъ ихъ протяженіи. Исключая одиноко возвышающіяся вулканическія горы, можно разбить остальные на три группы,—вулканы *Экуадора*, вулканы *Перу* и *Боливіи* и вулканы *Чили*. Эти группы отдѣлены другъ отъ друга большими разстояніями. На ряду съ дѣйствующими или сохранившими кратеръ вулканами, здѣсь достигаютъ огромнаго развитія купола трахита, безъ сопровожденія рыхлыхъ продуктовъ и лавовыхъ потоковъ и безъ всякихъ слѣдовъ кратера. Характернымъ представителемъ ихъ служитъ огромный *Чимборасо*, поднимающійся на 6310 м. въ высоту. Происхожденіе такихъ куполовъ Гумбольдтъ объяснялъ поднятіемъ, но и до сихъ поръ оно считается неяснымъ. Возникли ли эти купола вслѣдствіи массовыхъ изліяній, какъ думаетъ *Зеебахъ*, или же это—обыкновенные вулканы, потерявшіе свои легко разрушающіяся части,—неизвѣстно.

Группа Экуадора располагается между 5° с. ш. и 2° ю. ш. Горы этой мѣстности представляютъ двѣ параллельныхъ цѣпи, между которыми заключено плоскогоріе Квито. Вулканы встрѣчаются въ обѣихъ цѣпяхъ, и только одинъ изъ нихъ, *Сангай*

(5220 м.), лежитъ значительно восточнѣе, въ области рѣки Амазонки. Вулканъ этотъ проявляетъ напряженную дѣятельность болѣе полутораста лѣтъ, не смотря на то, что отстоитъ отъ моря на 28 миль. Вотъ что сообщаетъ о немъ Гумбольдтъ въ своемъ „Космосѣ“: „Сангай наиболѣе дѣятельная огнедышащая гора въ Южной Америкѣ, и даже среди всѣхъ вулкановъ, о которыхъ я до сихъ поръ говорилъ, она занимаетъ въ этомъ отношеніи первое мѣсто. Этотъ огромный вулканъ возвышается на восточныхъ склонахъ восточныхъ Кордильеровъ, между рѣками Пастацой и Упаной, впадающими въ Амазонку. Первое большое изверженіе его, подобныхъ которому не знаетъ исторія, началось въ 1728 г. Во время градусныхъ измѣреній *Буге* и *Кондамина* (1738—1740) Сангай горѣлъ не переставая. Въ 1802 г., живя въ Чилло близъ Квито, я слышалъ его грохотъ къ теченіи цѣлаго мѣсяца, обыкновенно рано утромъ, а полвѣка назадъ, по свидѣтельству дона *Хорге Хуана*, этотъ шумъ достигалъ Пинтака у подножія Антизаны. Во время изверженій 1842 и 1843 гг. грохотъ слышался не только въ Гваиквялѣ, но и на южномъ берегу до Пайты и Санъ-Буэнавентуры, т.-е. на такомъ разстояніи, какое отдѣляетъ Берлинъ отъ Базеля, Пиренейскія горы отъ Фонтенебло и Лондонъ отъ Абердина. Къ сожалѣнію Сангай, вслѣдствіе своей отдаленности отъ проѣзжихъ дорогъ, долго не обращалъ на себя вниманія. Въ декабрѣ 1849 г. впервые поднялся на эту гору отважный путешественникъ *Себастьянъ Виссе*, уже пятнадцать лѣтъ проведшій среди Андовъ. Ему удалось достигнуть почти самой снѣжной вершины этого конуса, опредѣлить хронометрически послѣдовательность взрывовъ и изслѣдовать свойства трахита, который нагромоздился здѣсь на узкомъ пространствѣ и прорѣзалъ гнейсы. Въ теченіи часа произошло 266 изверженій, слѣдовательно, каждое длилось не болѣе $13^1/_2$ секундъ. Особенно поразительно, что они вовсе не сопровождались землетрясеніями. Выбрасываемые продукты были окутаны густымъ дымомъ то свѣтло-сѣраго, то оранжеваго цвѣта. Главная масса ихъ состояла изъ чернаго вулканическаго пепла и лапилли; отчасти къ нимъ были подмѣшаны шлаки, обладавшіе формой шаровъ и достигавшіе 15—16 дюймовъ въ діаметрѣ. По сообщенію Виссе во время одного изъ болѣе сильныхъ взрывовъ поднялось 50—60 раскаленныхъ камней. Большинство ихъ падало обратно въ кратеръ, нѣкоторые ложились на краю его или катились внизъ, испуская ночью яркій свѣтъ. Камни поднимались по одиночкѣ: одинъ уже падалъ въ то время, какъ другой вылеталъ изъ кратера. Опредѣливъ время паденія, можно было найти высоту, на которую взлетали камни: въ среднемъ она достигаетъ 737 ф. отъ края кратера. Съ тѣхъ поръ дѣятельность Сангая значительно понизилась, и отдѣльные взрывы происходятъ черезъ промежутки въ нѣсколько часовъ.

Среди другихъ вулкановъ Экуадора заслуживаетъ вниманіе *Толима.* Не смотря на свою отдаленность отъ моря, (40 миль) онъ проявлялъ дѣятельность въ 1595 и 1826 гг. Недалеко отъ Квито возвышается *Пичинча*, выдѣляющійся среди вулкановъ своею своеобразною формою: онъ представляетъ длинный гребень съ четырьмя вершинами. Своею значительною высотою обращаетъ вниманіе *Антизана* (5833 м.), а правильною формою конусъ *Котопахи* (5943 м.). Первое историческое изверженіе послѣдняго произошло въ 1543 г. (т.-е. во время завоеванія страны испанцами). Послѣ этого въ теченіи двухъ вѣковъ вулканъ былъ спокоенъ. Въ 1742 г. начался новый періодъ бурной дѣятельности, которая закончилась въ 1768 г. грозною катастрофою. Въ теченіи нашего столѣтія происходили незначительныя изверженія, и только 1877 годъ ознаменовался новыми опустошеніями.

Всѣ большія изверженія Котопахи представляютъ одни и тѣ же особенности: землетрясенія происходятъ рѣдко, подземный шумъ слышится яснѣе вдали, чѣмъ у самой горы. Обыкновенно выбрасываются пепелъ, лапилли и каменныя глыбы, и низвергаются разрушительные потоки воды, льда, грязи и камней. Но на глазахъ людей лава не достигла заселенныхъ мѣстностей. Отсюда сдѣлано заключеніе, что вообще вулканъ лавы не выдѣляетъ. Происхожденіе грязныхъ потоковъ объяснялось двоякимъ путемъ: съ одной стороны предполагалось, что вода выливается изъ кратера, съ другой стороны, думали, что она образуется вслѣдствіи внезапнаго таянія льда и снѣга. Только въ 1872 г. *Рейссъ*, которому удалось подняться на гору, далъ правильное объясненіе этихъ явленій, подтвержденное затѣмъ *Штюбелемъ* и *Вольфомъ*. Особенно любопытны наблюденія послѣдняго, такъ какъ они были произведены скоро послѣ катастрофы 1877 г. Оказалось, что Котопахи выбрасываетъ лавы въ значительномъ количествѣ и что раскаленные камни, двигаясь внизъ, плавятъ огромныя массы снѣга и льда, покрывающаго гору, вслѣдствіе чего и образуются грязные потоки. Ходъ изверженія 1877, подробно описаннаго *Вольфомъ*, былъ слѣдующій: гора дымилась съ начала года; 21 апрѣля сталъ падать вулканическій пепелъ, и вылился небольшой лавовый потокъ. Эти явленія въ слабой формѣ продолжались въ теченіи двухъ слѣдующихъ мѣсяцевъ и усилились 25-го іюня. Утромъ 26 іюня небо было ясно, и вулканъ не проявлялъ никакой дѣятельности. Вдругъ, около 7 час. утра поднялось изъ вершины огромное пиніеобразное облако, и мракъ на большомъ разстояніи окуталъ землю. Въ 9 часовъ начался страшный грохотъ онъ слышался въ Гваяквилѣ и другихъ отдаленныхъ мѣстахъ, но былъ почти неощутимъ у самаго вулкана. Около 10 часовъ утра, кратеръ Котопахи переполнился огненно-жидкою лавой. Случайно въ это время юго-западная сторона вершины была свободна отъ облаковъ, и многіе изъ жителей Мулало и Кусигванго были очевидцами изліянія лавы. Въ яркихъ картинахъ описывали они страшный видъ горы, внезапно охваченной изверженіемъ, и выбросившей черныя массы дыма и паровъ. Нѣкоторые сравнивали ее съ огромнымъ горшкомъ, въ которомъ вдругъ закипѣлъ рисъ. Наблюдать изверженіе можно было только въ теченіи нѣсколькихъ мгновеній, такъ какъ гора скоро окуталась облаками паровъ, выдѣляемыхъ лавой. Потоки воды и грязи неслись съ ужасающимъ шумомъ, который постепенно усиливался и слышался все ближе.

Одною изъ особенностей изверженія было то, что лава не разлилась на потоки, а выливалась изъ кратера равномѣрно во всевозможныхъ направленіяхъ: она вытекала не только черезъ низкія мѣста кольца, но и черезъ болѣе значительные его выступы. Все кругомъ горы было залито ею. Соотвѣтственно формѣ кратера, лава при спокойномъ изліяніи должна направиться къ востоку и западу; это и наблюдалось во время послѣдняго историческаго изверженія. Но на этотъ разъ, не взирая ни на какія преграды, она распространялась всюду. Она вылилась внезапно и съ сильнымъ клокотаніемъ устремилась внизъ. Благодаря этому въ какіе-нибудь четверть или полъ часа были выброшены огромныя массы лавы; черезъ часъ окрестныя долины были уже залиты потоками воды, образовавшейся вслѣдствіи таянія снѣга. Лава собиралась въ большихъ ущельяхъ, покрывающихъ склоны горы, и проплавляла во льду глубокія и широкія равнины. Вода увлекала обломки скалъ, глыбы льда, свѣжіе комья лавы, пемзу, вулканическій песокъ, пепелъ и т. п., и ея разрушительная сила удваивалась. Ущелье Манзанахуайко достигаетъ въ ширину 100 м. и въ глубину 60 м. Потоки грязи и камней не только заполнили его, но перелились черезъ края, загро-

моздили другія ущелья, залили площадь, достигающую 50—60 кв. км., и нагромоздили холмъ въ 6—10 м. высотою; но Манзанахуайко — только одно изъ восьми или девяти большихъ ущелій (квебрадасовъ), залитыхъ грязью. Отъ Калло до Лакатунги вся равнина представляла огромное бѣшено волнующееся грязное озеро, и каждый потокъ имѣлъ видъ высокой стѣны, постепенно подвигавшейся впередъ. При вступленіи въ равнину потоки проходили около 10 м. въ секунду, а въ верхнихъ областяхъ ихъ скорость была и того больше. Черезъ три часа послѣ начала катастрофы въ Мулало потокъ свирѣпствовалъ уже въ 110 км. дальше и разрушилъ мостъ на рѣкѣ Ріо Пастасса у подножія Тунгурагуа. Только въ области Латакунги, число погибшихъ достигаетъ до 300, если даже не считать иностранцевъ. Въ концѣ изверженія выпали опять огромныя количества пепла; онъ покрылъ всю окрестность и вершину горы. Подъ черными массами его не было видно и слѣдовъ снѣга.

Другая вулканическая область южно-американскихъ Андовъ расположена въ *Перу* и *Боливіи* и отдѣляется отъ области Экуадора большимъ пространствомъ. Самый южный изъ этихъ вулкановъ, Сангай, лежитъ подъ 2⁰ ю. ш., а Церуанскій рядъ начинается у 16⁰ ю. ш. Такимъ образомъ между обоими рядами располагается огромный участокъ, лишенный вулкановъ; онъ достигаетъ 200 геогр. миль въ поперечникѣ и своими размѣрами превосходитъ длину вулканическихъ рядовъ Экуадора и Церу, которые тянутся каждый на протяженіи только 120 миль.

Перуанскій рядъ, начинаясь подъ 16⁰ ю. ш., простирается до 24⁰ 17′ ю. ш. На этомъ пространствѣ насчитываютъ до девяти огромныхъ вулкановъ, которые, подобно конусамъ Экуадора, располагаются на горахъ, и не менѣе удалены отъ моря. Вулканы, расположенные на восточномъ берегу озера Титикаки и на краю пустыни Атакамы, отстоятъ отъ моря приблизительно на 40 миль. Одною изъ замѣчательныхъ горъ этой области является *Сахама* или *Гвалатьери*. Она служитъ прекраснымъ доказательствомъ того, что высота вулкана надъ уровнемъ моря еще ничего не говоритъ о количествѣ изверженныхъ массъ, которыя образовали его конусъ. Сахама достигаетъ поразительной высоты—6,888 м. и превосходитъ въ этомъ отношеніи даже Чимборасо. Но правильно притупленный конусъ этого вулкана располагается на возвышенности, образованной осадочными породами и лежащей надъ уровнемъ моря на высотѣ 5400 м. Такимъ образомъ самъ вулканъ Сахама поднимается только на 1450 м. и незначительно превосходитъ Везувій, который въ 1868 г. достигалъ 1297 м.

Къ югу отъ разсмотрѣннаго ряда вулканы отсутствуютъ до 30⁰ ю. ш., гдѣ начинается Чилійскій рядъ, самый значительный въ Южной Америкѣ; онъ располагается между 30⁰ 5′ и 43⁰ 50′ ю. ш. и представляетъ больше 30 конусовъ. Сѣверный конецъ этого ряда значительно удаленъ отъ моря; направляясь на югъ, онъ постепенно приближается къ берегу. Принадлежащій къ этой цѣли вулканъ *Аконгагуа* достигаетъ 6970 м. и считается самымъ высокимъ вулканомъ. Нѣкоторые путешественники подвергали этотъ фактъ сомнѣнію: они утверждали, что гора состоитъ изъ осадочныхъ горныхъ породъ; но въ самое послѣднее время *Гюссфельдтъ*, поднявшійся на 6410 м., показалъ, что весь вулканъ образованъ изверженными массами. Существуетъ ли на вулканѣ его кратеръ еще неизвѣстно.

Недалеко отъ чилійскаго берега, между *Вальпарайсо* и знаменитымъ островомъ Робинзона *Хуаномъ Фернандецомъ*, находится подводный вулканъ, да и самъ послѣдній островъ состоитъ изъ вулканическихъ массъ, шлаковъ и базальтовъ. Впрочемъ, объ изверженіи его не имѣется свѣдѣній.

Еще недавно думали, что Чилійскимъ рядомъ заканчивается область распространенія современныхъ вулкановъ въ Южной Америкѣ. Затѣмъ было отмѣчено существованіе мощныхъ шлаковыхъ и лавовыхъ полей въ Патагоніи, но ни одно изверженіе этой мѣстности не было еще извѣстно. Только *Голль* (Hall) установилъ, что подъ 55° ю. ш., т.-е. на южномъ концѣ Огненной Земли, существуетъ дѣйствующій вулканъ. Въ самое послѣднее время получено извѣстіе и объ одномъ изверженіи на южномъ концѣ материка. Англійское судно, проѣзжавшее по проливу Месьера (Mesiers), между островомъ *Веллингтона* (Wellington) и материкомъ наблюдало изверженіе на Среднемъ Островѣ (Middle Island) въ Англійскомъ проходѣ (English Narrons). По показаніямъ американскаго судна изверженіе происходило подъ 48° 56′ 30″ между о. Веллингтона и материкомъ. Оба сообщенія указываютъ почти на одно мѣсто, а потому весьма вѣроятно, что рѣчь идетъ объ одномъ и томъ же изверженіи. Во всякомъ случаѣ, существованіе дѣйствующаго вулкана въ южной Патагоніи несомнѣнно.

Вулканы Великаго океана.

Мы обратимся теперь къ огромному вулканическому кольцу, окружающему Тихій океанъ. Оно простирается отъ Зондскихъ острововъ на западъ, сѣверъ и востокъ и доходитъ до Южной Америки. На югѣ это кольцо какъ бы разомкнуто, но рядъ разбросанныхъ вулкановъ тянется отъ Новой Гвинеи черезъ Южный Ледовитый океанъ до чилійскаго берега. Мы уже знаемъ, что къ западу отъ Вальпарайсо располагается подводный вулканъ и что островъ Хуанъ Фернандесъ состоитъ изъ вулканическихъ горныхъ породъ. Еще далѣе на Великомъ океанѣ мы находимъ рядъ небольшихъ одинокихъ острововъ: первый изъ нихъ *Вайху* или островъ *Пасхи*; онъ состоитъ изъ вулканическихъ породъ и имѣетъ кратеръ. Далѣе слѣдуетъ одинокая скала *Сала-и-Гомецъ*; этотъ лавовый утесъ пріобрѣлъ всемірную извѣстность, благодаря чудному стихотворенію Шамиссо. Непосредственно къ нему примыкающіе низменные острова представляютъ настоящіе каралловые рифы, и только значительно дальше встрѣчаемъ мы вулканы на островахъ *Хиваоа* въ группѣ *Маркизскихъ*, *Таити* и *Бола-Бола*, въ группѣ *Товарищества;* сюда же относятся многіе изъ острововъ Самоа или *Мореплавателей*, *Фиджи*, *Тонга* или *Дружбы*, *Новогебридскихъ*, *Соломоновыхъ* и *Новобританскихъ*. Они образуютъ южную часть кольца и примыкаютъ къ Новой Гвинеѣ, гдѣ извѣстно пять вулкановъ.

Внутри кольца, окружающаго большую часть Тихаго океана, находится только немного огнедышащихъ горъ. Сюда относятся Маріанскіе острова, расположенные на трещинѣ, идущей къ югу отъ Японіи. Недалеко отъ берега Америки, почти подъ самымъ экваторомъ, располагаются острова *Галапагосскіе* или *Черепаховые*. Они цѣликомъ образованы вулканическими породами и покрыты множествомъ небольшихъ конусовъ и кратеровъ (по *Дарвину* болѣе 2000), но только два изъ нихъ дѣйствуютъ въ настоящее время. Почти въ самой серединѣ кольца лежатъ *Сандвичевы* острова. Къ этой группѣ принадлежитъ островъ *Гаваи* съ его знаменитыми величественными вулканами. Цѣлый рядъ своеобразныхъ особенностей,—плоскіе щитообразные вулканы, огромные и глубокіе кратеры съ пылающими лавовыми озерами, спокойная дѣятельность безъ выдѣленія пепла и взрывовъ, почти полное отсутствіе туфовъ и другихъ мелко раздробленныхъ вулканическихъ продуктовъ,

наконецъ, подвижность лавъ, которыя образуютъ фонтаны и лавопады, — все это заставляетъ отнести базальтовые вулканы о. Гаваи къ числу самыхъ поучительныхъ. Въ виду множества уклоненій ихъ отъ обычнаго типа Везувія, мы остановимся нѣсколько подробнѣе на этой области.

По Дана Сандвичевы острова представляютъ двойной рядъ вулкановъ перво-классной величины (всего пятнадцать): на сѣверѣ идетъ рядъ вулкановъ *Мауны Кеа*, на югѣ — рядъ *Мауны Лоа*. Расположенные въ глубокихъ частяхъ моря, тамъ, гдѣ оно достигаетъ 5500—3700 м, въ глубину, эти горы достигаютъ поразительной высоты (болѣе 4000 м.). На островѣ Гаваи—пять вулкановъ: потухшій и сильно разрушенный *Кохала* (1068 м.), также потухшій вулканъ *Мауна-Кеа* (4208 м.), бездѣйствующій съ 1801 г. *Хуалалай* (2522 м.), *Мауна Лоа* (4168 м.) и *Килауеа* (1230 м.). Островъ достигаетъ въ длину 93 англійскихъ миль (см. рис. 205). Уже внѣшній видъ его представляетъ много своеобразнаго. Это почти правильный треугольникъ безъ высокихъ горъ и глубокихъ долинъ; рѣки встрѣчаются только въ сѣверо-восточной части, гдѣ дуютъ пассаты; вулканическіе конуса почти сливаются другъ съ другомъ. Послѣдняя особенность рѣзко выступаетъ на весьма любопытномъ и болѣе изученномъ кратерѣ Килауеа (рис. 206); онъ лежитъ въ 34 кил. къ востоку отъ Мауна-Лоа и представляетъ самостоятельный вулканъ.

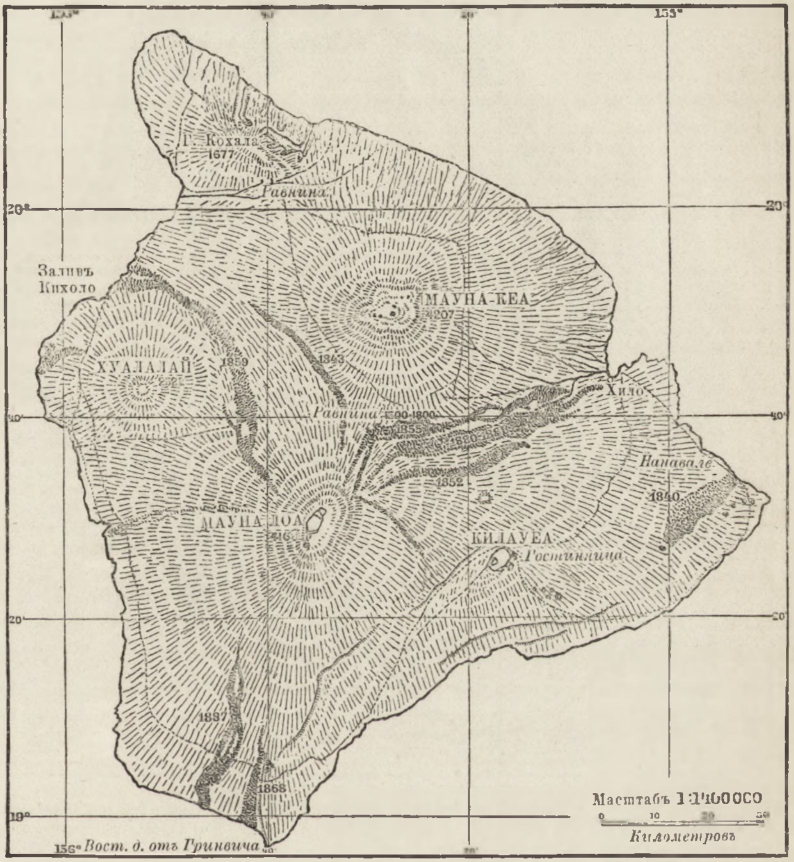


Рис. 205. Карта о-ва Гаваи (по Дана).

На вершинѣ *Килауеа*, представляющей плоскую равнину, располагается глубокій эллиптическій кратеръ съ поперечникомъ въ 14000 англійскихъ футовъ. Внутреннія стѣны его падаютъ въ видѣ отвѣсныхъ обрывовъ до 200 м. въ высоту. Плоское или, вѣрнѣе, нѣсколько выпуклое дно кратера образовано черной застывшею лавой; послѣдняя мѣстами расплавлена и образуетъ знаменитыя лавовыя озера

Во многихъ мѣстахъ постоянно поднимается паръ. Въ стѣнахъ кратера не видно ни туфовъ, ни вулканическаго пепла. Они состоятъ изъ тонкихъ горизонтальныхъ базальтовыхъ потоковъ и покрововъ и располагаются слоями.

Дѣятельность другихъ вулкановъ переходитъ обыкновенно за предѣлы кратера: здѣсь только она и доступна нашему наблюденію. Вулканы же Гаваи позволяютъ заглянуть и въ ихъ внутренность. Они дѣйствуютъ правильно и спокойно,

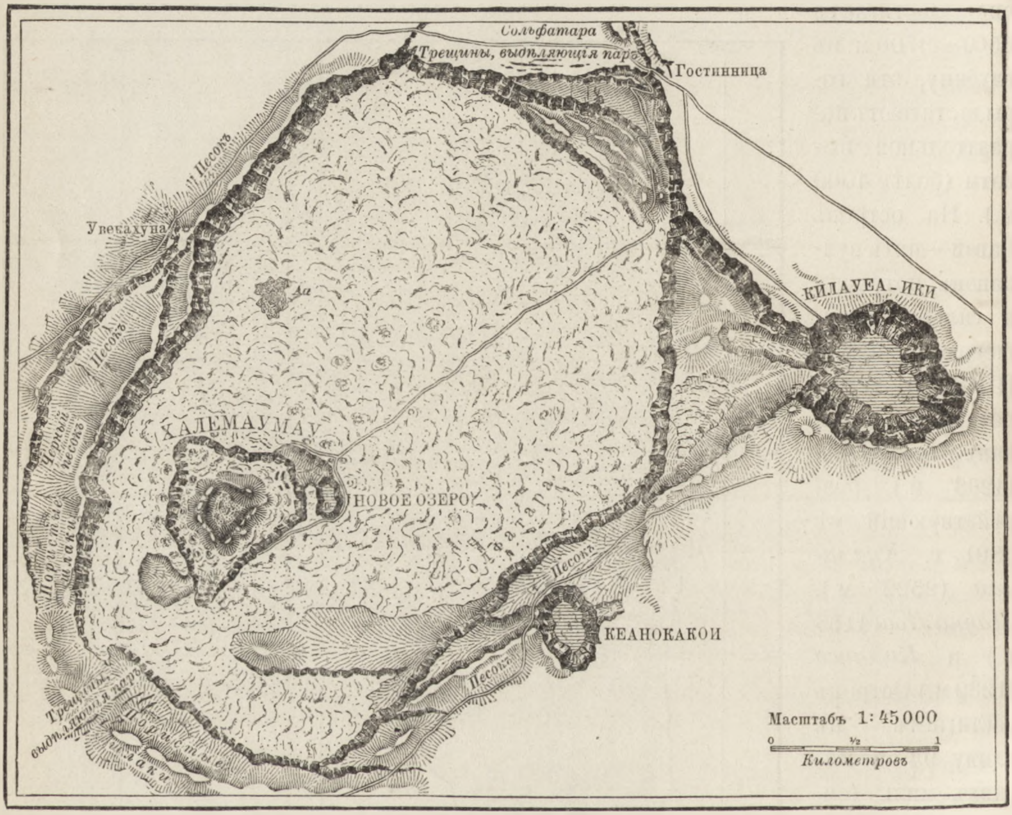


Рис. 206. Карта кратера Килауеа въ 1886 году (по Дана).

по метафорическому выраженію одного изслѣдователя „также тихо, какъ движется луна". Можно, не подвергаясь опасности, путешествовать по дну кратера и даже расположиться ночевать на берегу кипящаго лавоваго озера. Здѣсь только рѣдко происходятъ землетрясенія, а объ изверженіяхъ мѣстные жители узнаютъ по тому огромному зареву, которое вдругъ запылаетъ на небѣ.

Благодаря точному изученію историческихъ изверженій *Килауеы*, начиная съ 1789 г., *Дана* доказалъ, что дѣятельность этого вулкана носитъ правильный, ритмическій характеръ. Передъ изверженіемъ лава начинаетъ медленно и постепенно подниматься и понемногу заполняетъ кратеръ; прежнее дно его отчасти расплавляется, отчасти покрывается лавою. Въ эти моменты лавовыя озера Гаваи представляютъ волшебное зрѣлище, особенно ночью. Огненное море пѣнится и кипитъ; тутъ и тамъ вырываются пары, пылающая лава вздымается вверхъ то въ формѣ куполовъ, то въ формѣ

огненныхъ фонтановъ и сноповъ въ 10—20 ф. высотою. Море лавы рвется къ темному ночному небу, красные и желтые огоньки появляются на немъ и извиваются въ видѣ языковъ. Облако паровъ, окутывающее кратеръ, кажется раскаленнымъ, и черныя стѣны озаряются яркимъ сіяніемъ зарева (см. рис. 207).

Черезъ нѣсколько времени наступаетъ вторая фаза: лава отступаетъ въ внутреннія пустоты вулкана, и ея уровень въ кратерѣ понижается. Въ концѣ изверженія обрушивается часть дна, и образуется болѣе глубокое лавовое озеро, которое

Рис. 207. Кратеръ вулкана Килауеа въ 1823 году (по Дуттону).

занимаетъ иногда большіе, иногда меньшіе размѣры. Объ этомъ состояніи кратера можно составить нѣкоторое представленіе по рис. 208, который снять *Драйтономъ* послѣ большого изверженія 1840 г. Самая высокая часть дна названная „black ledge“, (черное ложе), лежала на глубинѣ 198 м. отъ краевъ кратера; на 117 м. ниже ея располагалось другое болѣе глубокое кольцо. Послѣ изверженій 1823 и 1832 г. послѣднее стояло еще глубже, и „black ledge“ представляло тогда узкую прибрежную кайму, окружавшую само озеро.

Въ періодъ времени съ 1823 по 1886 г. происходило восемь большихъ изверженій. Самыя значительныя изъ нихъ, случившіяся въ 1823, 1832, 1840 и 1868 гг., сопровождались обваломъ дна кратера, изверженія же 1849, 1855, 1879 и 1866 г. выразились только повышеніемъ дѣятельности внутри него. Каждые два обвала дна отдѣляются промежуткомъ въ 6—13 лѣтъ. Изъ восьми извѣстныхъ изверженій этого рода семь совпадаютъ съ дождливымъ временемъ. Отсюда можно составить

нѣкоторое представленіе о томъ, какое вліяніе на вулканическую дѣятельность оказываетъ вода, просочившаяся подъ высокимъ давленіемъ. Величина обваловъ съ 1823 г. постепенно уменьшается, какъ это можно видѣть изъ діаграммы на рис. 209 и изъ слѣдующей таблицы *Дана*.

Годъ изверженія.	Глубина нижняго дна кратера.	Высота западной части кольца надъ „black ledge".	Высота западной части кольца надъ центромъ кратера.
1823	182 (244?)	274 (?)	457 (518?)
1832	137 (182?)	218	355 (401?)
1840	117	198	314
1868	91	182 (152?)	274 (259?)
1886	0	152	116

Изліяніе лавы на поверхность земли случилось въ 1840 г. Оно не сопровождалось землетрясеніемъ. Лава выступила на восточной сторонѣ горы. Сначала она выдѣлялась недалеко отъ вершины, затѣмъ значительно ниже и, наконецъ, въ 43,5 м. отъ кратера и въ 379 м. отъ поверхности моря вулканъ выбросилъ огромныя массы лавы. Съ страшнымъ шумомъ низвергались онѣ у Нанавале въ море. Пылающая лава раздроблялась на милліоны мельчайшихъ частицъ; подбрасываемые паромъ, онѣ поднимались вверхъ въ такихъ огромныхъ количествахъ, что омрачали небо. На берегу, вѣроятно на мѣстѣ открытыхъ трещинъ, образовалось три туфовыхъ конуса въ 45—76 м. высотою.

Изверженіе 1868 г. совпало съ изверженіемъ Мауны-Лоа и сопровождалось землетрясеніемъ; 2 апрѣля произошелъ особенно сильный ударъ, въ то же время на южномъ концѣ кратера Килауеа появились трещины; онѣ шли въ юго-западномъ направленіи, т.-е. такъ же какъ въ 1823 г. Изъ одной такой трещины вылилась лава, происходившая, вѣроятно, изъ Килауеа. Въ ночь 2 апрѣля жидкая лава изчезла во всѣхъ конусахъ и оставалась только въ озерахъ. Сутки спустя, она исчезла и въ послѣднихъ, за исключеніемъ только одного. 5 апрѣля и это озеро освободилось отъ лавы; черное дно его было спокойно. Наконецъ обвалилась середина кратера „совершенно такъ же, какъ обрушивается ледъ, если изъ-подъ него удалится вода".

Въ слѣдующій періодъ, простирающійся до нашего времени, кратеръ снова заполняется вплоть до Халемаумау (см. рис. 210) и до образовавшагося въ 1881 г. „Новаго озера". Своеобразною особенностью послѣдняго служитъ плавающій лавовый островъ, появившійся въ 1882 г. Начиная съ 1886 г., конусъ Халемаумау подъ напоромъ лавы все болѣе и болѣе поднимается и, наконецъ, послѣ большого изверженія, сопровождавшагося переполненіемъ кратера, снова понизился до высоты 1887 г. Осѣданія, происходящія при отступленіи лавы, не ограничиваются дномъ кратера, но распространяются и на его кольцо. Они происходятъ обыкновенно на сѣверо-восточной части горы. Двѣ огромныхъ котловины Килауеа-Ики и Кеанокакои, расположенныя на восточной сторонѣ кратера, принадлежатъ къ числу подобныхъ образованій (см. рис. 206).

Такой же характеръ носитъ и огромный плоскій вулканъ *Мауна-Лоа* (рис. 151). Эллиптическій кратеръ его достигаетъ 13 км. въ длину и 10 км. въ ширину. Онъ также представляетъ нѣчто вродѣ глубокой шахты, вертикальныя стѣны которой обра-

зованы потоками лавы. Дѣятельность вулкана Мауна-Лоа носитъ также ритмическій характеръ и выражается въ подниманіи лавы, въ изліяніи ея во внутреннія пустоты и въ обвалахъ дна. На ряду съ этимъ происходили и болѣе сильныя изверженія. Лавовые фонтаны и снопы поднимались до 180 и даже 280 м. въ высоту, а шлаковъ выбрасывалось значительно больше, чѣмъ при изверженіи Килауеы. Лава изливается даже на поверхность земли черезъ боковыя трещины, открывающіяся въ кратерѣ на различной высотѣ. Огромныя массы выдѣляющейся лавы и образованіе высокихъ

Рис. 208. Кратеръ вулкана Килауеа въ 1840 году (по Дана).

фонтановъ (до 30 м.) издавна были предметомъ удивленія. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ выливаются боковые потоки, нерѣдко образуются паразитные конуса значительныхъ размѣровъ. Чтобы составить представленіе о количествѣ выбрасываемыхъ вулканомъ массъ, стоитъ только припомнить, какъ кратки промежутки между отдѣльными изверженіями. Въ 1852 г. выброшенъ потокъ въ 32 км. длиною. По *Дана* объемъ его достигаетъ $10^1/_2$ милліардовъ куб. ф. Два года спустя вылился потокъ въ 32 км. длиною, по объему равный Везувію. Черезъ четыре года въ 1859 г. новый потокъ достигалъ 53 км. въ длину. Даже при умѣренныхъ изверженіяхъ Мауны-Лоа выдѣляется такое же количество лавы, какое донынѣ выброшено Везувіемъ со дня разрушенія Помпеи — можетъ быть, даже больше.

Чаще всего потоки выдѣляются по направленію длинной оси острова, идущей съ запада-юго-запада на востоко-сѣверо-востокъ, и только иногда вдоль поперечной

оси. Нельзя не согласиться съ предположенiемъ *Дана*, что такая правильность далеко не случайна. Повидимому, лава выдѣляется вдоль тѣхъ первоначальныхъ трещинъ, на пересѣченiи которыхъ образовался вулканъ. Большинство изверженiй Мауны-Лоа совпадаетъ съ дождливымъ временемъ года, когда вершина этой горы покрывается снѣгомъ.

Лавы вулкановъ Килауеа и Мауна-Лоа характеризуются ихъ необычною подвижностью. Онѣ льются какъ вода, распространяются впередъ даже при наклонѣ почвы, только на 1^0 и на обрывахъ образуютъ настоящiе лавопады. Одинъ изъ такихъ потоковъ Мауны-Лоа 1881 г. представленъ на рис. 211. Нерѣдко лавы проходятъ 20—30 км. въ часъ и на протяженiи 15 км. не обнаруживаютъ почти никакихъ признаковъ остыванiя. Поверхность этихъ базальтовыхъ лавъ въ большинствѣ случаевъ ровна и видомъ своимъ напоминаетъ такъ называемую волнистую лаву Везувiя (рис. 154); иногда лава распадается на цѣлый рядъ неправильныхъ кубическихъ и округлыхъ комковъ и соотвѣтствуетъ глыбной лавѣ другихъ мѣстностей (рис. 151). Движенiе глыбовой лавы или „аа“, какъ ее называютъ мѣстные жители, сопровождается грохотомъ и трескомъ. Въ большихъ потокахъ волнистой лавы, или такъ называемой „пахоэхоэ“, „аа“ занимаетъ отдѣльные ограниченные участки. Она образуется, вѣроятно, вслѣдствiе быстраго остыванiя лавы, когда потокъ попадетъ на влажную почву. Обширныя пустоты въ отвердѣвшемъ потокѣ — далеко не рѣдкое явленiе. Стѣны ихъ покрыты мелкими сталактитами, которымъ внизу соотвѣтствуютъ и сталагмиты. Онѣ образованы не стекловатою массой, какъ слѣдовало бы ожидать, а обладаютъ кристаллическимъ строенiемъ. Причину послѣдняго *Дана* приписываетъ влiянiю фумаролъ и сольфатаръ.

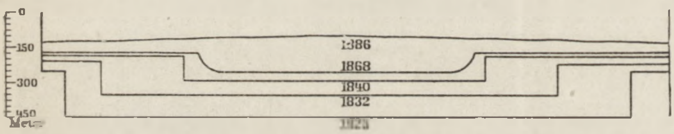


Рис. 209. Схематическiе разрѣзы кратера Килауеа (по *Дана*).

Насколько мы знаемъ, Килауеа только одинъ разъ выбросила рыхлые продукты, именно въ 1789 г. Вѣроятно, вслѣдствiе усиленнаго притока воды къ кратеру выдѣлился сначала вулканическiй пепелъ и песокъ, потомъ камни и бомбы и, наконецъ, губчатый, легкiй, пемзоподобный пепелъ. Всѣ эти изверженные продукты нагромоздились около кратера до 9,2 м. въ высоту. Выдѣленiе рыхлыхъ продуктовъ вулканомъ Мауна Лоа совершается въ болѣе сильной формѣ. Причина его также сводится къ дѣйствiю воды, которая вслѣдствiе повышеннаго давленiя легче проникаетъ къ кратеру.

На материкѣ *Австралiи* извѣстна потухшая вулканическая область въ землѣ *Викторiи*. Гораздо болѣе интереса представляютъ вулканы *Новой Зеландiи*, описанные Гохштеттеромъ. На восточномъ берегу южнаго острова находится нѣсколько вулкановъ, прекратившихъ свою дѣятельность, но особенно богатъ дѣйствующими вулканами сѣверный островъ. *Гохштеттеръ* различаетъ здѣсь три области; одна изъ нихъ, область озера Таупо, соотвѣтствуетъ трещинѣ, направленной съ юго-запада къ сѣверо-востоку и простирающейся параллельно горному хребту на юго-восточномъ берегу острова. Она начинается на юго-западѣ вулканомъ *Руапеху* (3749 м.) и на сѣверо-востокѣ достигаетъ моря. Продолженiемъ трещины служитъ островъ *Вакара* или *Бѣлый островъ* (White Island), съ вулканомъ типа сольфатаръ. Эта область замѣчательна широкимъ распространенiемъ горячихъ ключей, гейзеровъ и грязныхъ вулкановъ. Второй вулканическiй поясъ располагается на Ауклэндскомъ перешейкѣ;

онъ представляетъ цѣлый рядъ небольшихъ кратеровъ въ 100—200 м. высотою. Только одинъ изъ нихъ достигаетъ 298 м. Каждый изъ этихъ вулкановъ производилъ, повидимому, только одно изверженіе и въ большинствѣ случаевъ выбрасывалъ значительный лавовый потокъ. Эта область Новой Зеландіи представляетъ нѣчто вродѣ Флегрейскихъ полей и характеризуется постояннымъ перемѣщеніемъ центровъ изверженія и образованіемъ новыхъ кратеровъ. Наконецъ, слѣдуетъ назвать *Гору Эгмонта*, или *Таранаки;* это — потухшій вулканъ въ 2522 м. высотою. Подобно вулканамъ

Рис. 210. Кратеръ вулкана Килауса въ настоящее время (по *Дуттону)*.

Явы это чрезвычайно правильный конусъ, равномѣрно покрытый барранкосами. Подобное явленіе вообще неоднократно наблюдается въ Новой Зеландіи (см. рис. 163).

Въ области озера Таупо въ 1886 г. произошло опустошительное изверженіе, уничтожившее одно изъ чудесъ Новой Зеландіи, — террассы кремнистаго туфа на озерѣ Ротомахана (см. рисунокъ на особомъ листѣ). Въ серединѣ этой области на восточномъ берегу озера *Тараверы* возвышается скалистый хребетъ Таравера съ тремя вершинами. Высота его 1100 м., а длина 4,8 км. Озеро Ротомахана съ своими знаменитыми террасами располагалось въ 3,3—4,8 км. къ югу отъ Таравeры. Названіе этой горы въ буквальномъ переводѣ обозначаетъ „пылающій утесъ", но никто изъ мѣстныхъ жителей не былъ свидѣтелемъ ея изверженій; вершина ея издавна служитъ кладбищемъ племени Маори. Уже въ 1881 г. наблюдался цѣлый рядъ явленій, которыя впослѣдствіи были поставлены въ связь съ изверженіемъ Тараверы. Такъ, въ 1881 и въ 1883 гг., озеро Ротокакахи вдругъ поднялось, а потомъ осѣло. Въ самый годъ изверженія исчезло кратерное озеро на островѣ Вакари (Бѣломъ островѣ), наблюдалось вообще повышеніе температуры кипящихъ ключей и болѣе

обильное выдѣленіе ими воды; наконецъ, 1 іюня 1886 г. произошло своеобразное волненіе на озерѣ Таравера и сильно повысилась дѣятельность гейзеровъ вблизи красныхъ террасъ. Изверженіе началось 10 іюня 1886 г. послѣ полуночи и продолжалось приблизительно 24 часа. Въ самомъ началѣ ея раздались грозные раскаты, и небо на 200 км. кругомъ было охвачено огненнымъ заревомъ. Вблизи мѣста изверженія на берегахъ озера Роторуа земля затряслась, поверхность воды

Рис. 211. Лавопадъ, образовавшій потокомъ Мауны-Лоа въ 1881 году (по Дана).

заколебалась, и воздухъ переполнился пылью. Около 2 ч. 10 минутъ разверзлась сѣверная вершина Тараверы, нѣсколько минутъ спустя проявилась дѣятельность въ среднемъ кратерѣ, наконецъ, черезъ небольшой промежутокъ времени раскрылась южная вершина, и изверженіе достигло высшей силы. Озаряемое безчисленными молніями, все небо было охвачено огнемъ. Въ окрестности, которая была, къ счастью, слабо заселена, падалъ страшный градъ раскаленныхъ шлаковъ и камней; земля около Тараверы на 10 м. была засыпана пепломъ.

Вслѣдъ за этими грозными явленіями, находившимися, вѣроятно, въ связи съ образованіемъ трещины въ горѣ Таравера, наступилъ перерывъ. Около 4 часовъ утра снова началъ падать пепелъ, почувствовался подземный ударъ, сопровождаемый громкимъ трескомъ, и въ окрестности озера Ротомахана вырвались огромныя масы паровъ и высокіе столбы пепла. Огромная туча повисла надъ этой злосчастной мѣстностью и, когда подулъ юго-западный вѣтеръ, пролилась обильнымъ дождемъ. Вся масса пепла превратилась въ потоки грязи. Но самымъ выда-

ющимся явленіемъ въ этотъ періодъ извержения было образованіе трещины въ 15 км. длиною. Начинаясь на сѣверной вершинѣ Тараверы, она тянулась черезъ область озера Ротомахана до окрестностей озера Окаро. Вдоль этой трещины и происходило обильное выдѣленіе паровъ и пепла. Даже по окончаніи извержения развивалось такое огромное количество паровъ, что невозможно было смотрѣть на эту страшную пропасть, заполненную потоками кипящей вулканической грязи. Въ однихъ мѣстахъ (см. рис. 212) трещина представляла рядъ удлиненныхъ и слившихся вмѣстѣ кратеровъ, въ другихъ — ея края тѣсно примыкали другъ къ другу. Около трещины нагромоздились выброшенныя изверженіемъ массы до 15 м. въ высоту, и появились небольшіе конуса (до 30 м.), также выбрасывавшіе камни и пепелъ. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ красовались прежде красныя террасы, билъ теперь величественный гейзеръ. Недалеко отъ южнаго края трещины, непосредственно изъ ея стѣнки въ косомъ на-

Рис. 212. Трещина Таравера, образовавшаяся въ 1886 г. въ Новой Зеландіи.

правленіи, вырывался другой горячій ключъ; кромѣ того, насчитывалось до пяти мѣстъ, гдѣ огромныя массы кипящей воды, камней и грязи поднимались на 200—250 м. въ высоту. По окончаніи извержения на мѣстѣ озера Ротомаханы появилось новое озеро на 150 м. ниже прежняго. Другое озеро образовалось къ сѣверо-востоку приблизительно тамъ же, гдѣ располагалось раньше озеро Ротомакарири. На ряду съ большой трещиной явился цѣлый рядъ мелкихъ; кромѣ того слѣдуетъ упомянуть о трещинахъ, произведенныхъ землетрясеніемъ. Гребень Тараверы испыталъ существенныя измѣненія; въ семи мѣстахъ происходило выдѣленіе паровъ, глубокое ущелье между средней и сѣверной вершиной было совсѣмъ заполнено; средняя вершина выросла и покрылась множествомъ побочныхъ конусовъ.

Общая масса изверженныхъ продуктовъ достигаетъ приблизительно 1269 милліоновъ куб. м. Они заняли площадь въ 15850 кв. км., не считая загроможденной ими части моря. Благодаря юго-западному вѣтру, который дулъ во время извержения, пепелъ распространялся только въ одномъ направленіи. Лава не выдѣлялась. Изъ большой трещины на мѣстѣ прежняго озера Ротомахана выбрасывался преимущественно вулканическій пепелъ и вулканическій песокъ, а изъ кратера Тараверы — тяжелые куски шлаковъ и пепелъ. Безъ сомнѣнія, значительная часть изверженныхъ массъ состояла изъ древнихъ ріолитовъ Тараверы и изъ туфовъ знаменитыхъ террассъ, которыя въ значительной своей части были взброшены на воздухъ. На ряду

съ этимъ было доказано присутствіе андезитовыхъ шлаковъ и бомбъ, близкихъ къ базальтамъ. Последнее несомненно доказывало, что при этомъ изверженіи были выброшены новыя лавы, и что вся масса изверженныхъ продуктовъ не могла образоваться изъ обломковъ породъ, слагавшихъ Тараверу.

Какъ уже указано, самымъ замечательнымъ явленіемъ этого изверженія было появленіе огромной трещины на равнине Ротомахана. Образованіе ея объясняется различными способами. *Гюттонъ* приписываетъ появленіе этой трещины землетрясенію, но возможно и другое объясненіе: подземныя воды, благодаря разрыхленію почвы, произведенному предыдущимъ землетрясеніемъ, могли устремиться въ нагретую внутренность Тараверы и, превратившись внезапно въ пары, образовать глубокую трещину. Но какъ бы то ни было, явленія, происходившія вдоль этой трещины, существенно отличались отъ изверженія кратера Тараверы, которое носило обычный характеръ вулканическаго взрыва и совершалось съ той силой, какая наблюдается въ большинстве случаевъ после продолжительнаго покоя. Такъ какъ лавы вовсе не выделилось, и выбрасывались только раздробленные твердые продукты, то надо предполагать, что магма была богата парами. Существенную роль при изверженіи *Гюттонъ* приписываетъ той воде, которая находилась внутри горы и въ моментъ приближенія лавы была превращена въ паръ. Во всякомъ случае это обстоятельство могло оказать вліяніе на силу взрывовъ, сопровождавшихъ изверженіе.

Явленія, происходившія вдоль большой трещины Ротомаханы, должны быть приписаны исключительно действію перегретой воды. Они являлись, съ одной стороны последствіемъ местныхъ особенностей страны, богатой подземными источниками (гейзеры), съ другой стороны въ значительной степени обусловлены превращеніемъ въ паръ огромныхъ массъ воды озера Ротомахана. Въ этомъ отношеніи явленіе представляетъ сходство съ изверженіемъ Кракатау, темъ более что въ данномъ случае была замечена известная періодичность взрывовъ. Кратеры, расположенные вдоль трещины и заполненные водой, вполне сходны съ такъ называемыми маарами. Такимъ образомъ это замечательное изверженіе можетъ служить доказательствомъ того, что маары образуются исключительно действіемъ паровъ, безъ обваловъ.

Дальнейшимъ северо-восточнымъ продолженіемъ новозеландской области Таупо служатъ острова *Кермадекъ* и *Тонга* или *Дружбы* съ отчасти действующими, отчасти потухшими вулканами. Особенно оживлена вулканическая деятельность на последнихъ островахъ. Въ 1847 г. разрушенъ изверженіемъ одинъ изъ острововъ этой группы Амагура, а въ 1885 г. образовался новый вулканическій островъ *Фальконъ,* длиною въ 3 км. и высотою въ 76 м.; въ 1889 г. онъ достигалъ только 1,8 км. въ длину и 51 м. въ высоту.

Въ заключеніе упомянемъ о вулканахъ Южнаго Ледовитаго океана, сведенія о которыхъ чрезвычайно отрывочны. Известно, что небольшая группа Китовыхъ острововъ (о-ва *Баллени*), расположенная подъ 64^0 44′ ю. ш. и 163^0 11″ в. д. отъ Гринвича, носитъ вулканическій характеръ. То же следуетъ сказать и объ островахъ *Императора Александра I* подъ 69^0 ю. ш. Наконецъ, *Россъ,* во время своего отважнаго путешествія на материкъ Викторіи виделъ два большихъ вулканическихъ конуса подъ 76^0 ю. ш. и 168^0 12′ в. д. отъ Гринвича. Одинъ изъ нихъ — *Эребусъ* (3570 м.), другой — *Терроръ* (3110 м.). Первый во время его открытія былъ охваченъ изверженіемъ.

Число вулкановъ.

Нерѣдко дѣлались попытки опредѣлить общее число вулкановъ. Рѣшить эту задачу, было бы чрезвычайно важно, но полученные до сихъ поръ выводы имѣютъ только относительную цѣнность. Даже число дѣйствующихъ вулкановъ не можетъ быть установлено окончательно, такъ какъ постоянно появляются новыя огнедышащія горы; далѣе самое дѣленіе вулкановъ на дѣйствующіе и потухшіе въ значительной степени произвольно. Наконецъ, очень трудно провести границу между самостоятельными и побочными вулканами. Только при такихъ оговоркахъ мы позволяемъ себѣ привести нижеслѣдующій перечень дѣйствующихъ вулкановъ по *Фуксу* (съ незначительными измѣненіями):

Материкъ Европы (Везувій)	1
Острова Средиземнаго моря	6
Африка	17
Прибрежные острова Африки	10
Вестъ-Индія	5
Аравія	1
Центральная Азія (?)	2
Подводный вулканъ у Пондишери	1
Камчатка	12
Аляска (С. Америка)	4
Соединенные Штаты	11
Мексика	10
Центральная Америка	26
Экуадоръ	14
Перу и Боливія	6
Чили	17
Огненная Земля	1
Новая Гвинея	5
Новая Зеландія	4
Алеутскіе острова	31
Курильскіе острова	27
Японскіе острова	24
Между Японіей и Филиппинскими островами	8
Филиппинскіе, Молукскіе и Зондскіе острова	49
Исландія	9
Янъ-Майенъ	2
Азорскіе острова	6
Канарскіе острова	3
Острова Зеленаго Мыса	1
Антильскіе острова	6
Подводные вулканы Атлантическаго океана	3
Вулканы Индѣйскаго океана	5
Вулканы Тихаго океана	26
Вулканы Южнаго Ледовитаго океана	2
Общее количество дѣйствующихъ вулкановъ	355

Дѣленіе вулкановъ.

Въ предыдущихъ главахъ мы видѣли, какъ разнообразны вулканы по своему строенію, дѣятельности и по характеру образующихъ ихъ породъ. Если мы попытаемся установить какую нибудь классификацію, то встрѣтимъ большія затрудненія. Вулканы, которые на первый взглядъ можно было бы считать разнородными, при ближайшемъ разсмотрѣніи оказываются родственными и, еслибы въ концѣ концовъ намъ удалось установить нѣсколько группъ, то между ними было бы много сходства. Отсюда видно, что о систематикѣ вулкановъ, въ обычномъ смыслѣ этого слова не можетъ быть и рѣчи.

Разсмотримъ сначала самый простой типъ вулкановъ. Примѣромъ можетъ служить Монте Нуово, конусъ котораго образованъ пепломъ и шлаками, безъ участія лавы; къ этому же типу принадлежатъ такіе вулканы, какъ Астрони, Солфатара или небольшой кратеръ у озера Моно (см. рис. 201). Послѣдній на ряду съ твердыми продуктами выдѣлилъ и лаву, которая застыла въ его кратерѣ. У другихъ вулкановъ

лава переливалась черезъ края или черезъ отверстія, произведенныя ею въ стѣнахъ кратера (напр. у большинства вулкановъ Оверни, такъ называемыхъ „пюи"), или выдѣлилась у подножія конуса, какъ это и можно видѣть на примѣрѣ вулкана Циндеръ Конъ въ западной части Сѣверной Америки. Большинство такихъ *простыхъ* конусовъ имѣло немного изверженій, — чаще всего одно, какъ напр. Монте Нуово, или два, какъ напр. Циндеръ Конъ.

Нѣсколько сложнѣе строеніе тѣхъ конусовъ, которые, вслѣдствіе повторныхъ изверженій, прорѣзаны множествомъ жилъ и содержатъ лавовые потоки. Вулканическіе взрывы, и связанные съ ними обвалы ведутъ къ расширенію кратера, среди котораго образуется центральный конусъ. Такимъ путемъ получаются вулканы типа Везувія. Изверженія, происходящія на склонахъ конуса и перемѣщеніе центра изверженія по направленію главной трещины вызываютъ дальнѣйшія усложненія. Послѣднія выражаются образованіемъ долинъ типа Валь дель Бове и появленіемъ новыхъ колецъ. Такіе *„сложные"* вулканы представляютъ однако много общаго съ разсмотрѣннымъ выше простымъ типомъ: въ строеніи конусовъ тѣхъ и другихъ принимаютъ существенное участіе *туфы* и вообще рыхлые продукты изверженій; они располагаются слоями, чередуясь съ потоками лавы. Если вулканы послѣдняго типа производятъ иногда много, иногда мало изверженій, то причину этого надо искать въ свойствахъ соотвѣтствующихъ имъ трещинъ. Узкія трещины скоро заполняются быстро застывающей магмой, которая при слѣдующихъ изверженіяхъ должна искать новаго выхода. Мелкія трещины могутъ иногда сойтись въ глубинѣ и образовать огромную главную трешину. Въ такомъ случаѣ вмѣсто одного вулкана на поверхности образуется множество мелкихъ конусовъ. Рыхлые продукты изверженій,— туфы и пепелъ, ложатся обыкновенно подъ угломъ въ 30—35 и даже 40°. Такое именно паденіе слоевъ и наблюдается въ конусахъ размотрѣнныхъ типовъ. Противоположность имъ составляютъ такъ называемые *лавовые вулканы*, образованные исключительно, или почти исключительно покровами лавы. Они обладаютъ формою плоскихъ куполовъ (выпуклыхъ щитовъ) и склоны ихъ падаютъ обыкновенно подъ угломъ въ 3°, въ самомъ крайнемъ случаѣ подъ угломъ въ 10°. Изліяніе жидкихъ и подвижныхъ основныхъ лавъ, свободно выдѣляющихъ газы и пары, сопровождается образованіемъ небольшого количества рыхлыхъ продуктовъ. Такія именно лавы и созидаютъ разсматриваемый типъ вулкановъ, который въ особенно характерной формѣ встрѣчается на островѣ Гаваи. Трахитовые вулканы этого типа неизвѣстны. Если мы внимательно изслѣдуемъ внутреннія части кратера и склоны этихъ лавовыхъ вулкановъ, то увидимъ, что они въ большинствѣ случаевъ состоятъ изъ почти горизонтальныхъ лавовыхъ покрововъ, между которыми располагаются иногда пемза и пепелъ. Хотя въ этомъ случаѣ рыхлые продукты играютъ подчиненную роль, но присутствіе ихъ показываетъ, что между туфовыми и лавовыми вулканами невозможно провести рѣзкую границу.

Разсмотрѣнный типъ представляетъ переходъ къ слѣдующей любопытной формѣ вулкановъ, къ такъ называемымъ *массовымъ* изліяніямъ вдоль трещинъ. Еще задолго до изученія характерныхъ представителей этого рода въ Исландіи, отдѣльные геологи, основываясь на изслѣдованіи потухшихъ вулканическихъ областей третичнаго періода, указывали на существованіе массовыхъ изліяній, а нѣкоторые изслѣдователи, какъ напр. *Рихтгофенъ,* придавали имъ значительно большее значеніе, чѣмъ туфовымъ вулканамъ.

Взглядъ *Рихтгофена* станетъ понятенъ, если мы припомнимъ, какія огромныя пространства занимаютъ базальтовые покровы. Въ западныхъ частяхъ Сѣверной Америки, въ штатахъ Орегонѣ, Вашингтонѣ, Калифорніи, Идаго и Монтанѣ такой покровъ обладаетъ мощностью 600—1200 м. и занимаетъ пространство, равное всей Франціи. Едва ли менѣе значительны размѣры того огромнаго базальтоваго покрова третичнаго періода, ничтожные остатки котораго сохранились въ Исландіи, въ Ирландіи и на островахъ Фререскихъ и Гебридскихъ. Огромный покровъ мы находимъ въ Абиссиніи, а въ Остъ-Индіи базальтовые (и также трапповые) покровы и туфы обладаютъ мощностью въ 2000 м. и покрываютъ площадь въ 200000 кв. англійск. миль. Къ этой же группѣ вулканическихъ явленій относятся діоритовыя, андезитовыя и ріолитовыя изліянія между скалистыми горами и Сіерой Невадой въ Америкѣ, небольшія андезитовыя горы, располагающіяся у южнаго обрыва Карпатовъ и много другихъ менѣе значительныхъ образованій.

Тороддсенъ показалъ, что въ однихъ случаяхъ массовыя изліянія выражаются только образованіемъ трещины и выдѣленіемъ черезъ нее лавы, въ другихъ же случаяхъ появляется рядъ небольшихъ конусовъ, расположенныхъ непосредственно другъ подлѣ друга. Эти конуса, образованные пепломъ и шлаками, играютъ, впрочемъ, подчиненную роль. При новыхъ изверженіяхъ лава выдѣляется изъ другихъ трещинъ и заливаетъ прежніе конуса, которые разрушаются и исчезаютъ. Если путемъ размыванія или вслѣдствіе сбросовъ обнажится нѣсколько послѣдовательныхъ лавовыхъ потоковъ и жилъ, то мы только кое-гдѣ увидимъ небольшія скопленія пепла и шлаковъ, которыя и представляютъ остатки такихъ конусовъ.

Но и массовыя изліянія лавы черезъ трещины не представляютъ вполнѣ обособленной группы вулканическихъ явленій. Иногда они сопровождаются выдѣленіемъ пепла, который и образуетъ туфы, располагающіеся между послѣдовательными потоками лавы. На Деканскомъ плоскогоріи, въ горахъ Сіерра Невада и въ Карпатахъ туфы играютъ даже существенную роль. Такимъ образомъ массовыя изліянія находятся въ близкой связи съ туфовыми вулканами. Съ другой стороны, они родственны и плоскимъ лавовымъ куполамъ. Если мы сравнимъ потоки послѣднихъ съ покровами, вылившимися изъ трещинъ, то увидимъ, что въ обоихъ случаяхъ слабо наклоненные или горизонтальные слои лавы перемежаются съ слоями туфовъ; и если случайно трещина закроется, а потухшій кратеръ будетъ размытъ, то мы затруднимся сказать, обязанъ ли данный покровъ своимъ возникновеніемъ лавовому вулкану, или просто онъ вылился изъ трещины.

Въ нѣкоторыхъ потухшихъ вулканическихъ областяхъ встрѣчаются куполообразныя горы, состоящія изъ плотныхъ богатыхъ кремнекислотою лавъ, безъ всякихъ слѣдовъ туфа или пепла. Зеебахъ называетъ этотъ типъ однородными или массивными куполообразными вулканами. Однако, во многихъ случаяхъ бываетъ очень трудно рѣшить, дѣйствительно ли данный куполъ однороденъ, т.-е. всегда ли отсутствовали въ его строеніи рыхлые продукты и вовсе не было кратера. Часто можно предполагать, что лава вылилась изъ туфоваго кольца, которое впослѣдствіи было размыто. Такія образованія, какъ гора Пюи де Саркуи во Франціи, представляющая куполъ, около котораго сохранилась часть кольцового кратера, дѣлаютъ такое предположеніе весьма вѣроятнымъ *). Точно также недавнее изліяніе лавы въ кратерѣ Санторина, сопровож-

---

*) Сюда же слѣдуетъ отнести и полуразрушенный Камчатскій вулканъ *Баккенингъ* о которомъ см. стр. 257. *Прим. перев.*

давшееся образованіемъ острововъ Каймени, принадлежитъ къ этому же роду явленій. Всѣ такія лавы, вылившіяся изъ кратера и застывшія въ формѣ куполовъ (Kraterkuppen), представляютъ переходъ отъ обыкновенныхъ вулкановъ къ предполагаемымъ массовымъ изліяніямъ, образующимъ только лавовые купола („Quellkuppn“, какъ ихъ называетъ Рейеръ). Въ виду этого очень трудно опредѣлить истинный характеръ вулканическихъ куполовъ. Въ однихъ случаяхъ это—просто размытыя части лавоваго потока, въ другихъ случаяхъ это—остатки самого вулкана, въ третьихъ—это лавовое ядро, которое обнажилось благодаря разрушенію вулкана. Объ этой послѣдней формѣ куполовъ мы будемъ говорить подробно ниже. Сильнымъ доводомъ въ пользу самостоятельныхъ массовыхъ изліяній въ формѣ куполовъ являются, пожалуй, фонолитовые купола, издавна извѣстные въ Чехіи и въ южной Германіи. Примѣромъ можетъ служить Шлоссбергъ (Гора Замка) у Теплица въ Чехіи. Она характеризуется скорлуповатымъ строеніемъ, и пласты лавы располагаются въ ней, какъ листья луковицы. *Рейеръ* приписываетъ образованіе такихъ пластовъ мало подвижной полузастывшей магмѣ, нѣсколько разъ выливавшейся внутрь купола.

Большинство геологовъ считаетъ характернымъ признакомъ вулкана существованіе кратера. Въ такомъ случаѣ массовыя изліянія вдоль трещинъ и въ формѣ куполовъ являются особой формой вулканическихъ явленій и составляютъ противоположность лавовымъ и туфовымъ вулканамъ. Если же мы станемъ дѣлить вулканы по характеру выдѣляемыхъ ими продуктовъ, то лавовые вулканы и массовыя изліянія вдоль трещинъ и въ формѣ куполовъ соединятся въ одну группу, которой по существу будутъ противоположны вулканы типа Везувія, образованные не только лавою, но и туфами. Но и въ томъ, и въ другомъ случаѣ мы должны помнить, что всѣ указанные типы не могутъ быть рѣзко огриничены другъ отъ друга и представляютъ рядъ переходныхъ формъ.

Разрушеніе вулканическихъ горъ.

Вулканическія явленія, происходящія на поверхности земли, представляютъ только внѣшнее выраженіе тѣхъ чрезвычайно важныхъ процессовъ, которые совершаются въ глубокихъ частяхъ земного шара. Постараемся теперь выяснить самую сущность вулканическихъ явленій; обратимся для этого къ постепенному разрушенію вулканическихъ горъ, вслѣдствіе котораго обнажаются ихъ внутреннія части, и, насколько будетъ возможно, прослѣдимъ пути магмы въ болѣе глубокихъ частяхъ земной коры.

Такія незначительныя накопленія рыхлыхъ продуктовъ, какъ Монте Нуово, или Циндеръ Конъ, или тотъ незначительный конусъ на возвышенной равнинѣ Колорадо, который былъ подробно описанъ *Дуттономъ* (см. рис. 213), принадлежатъ къ числу недолговѣчныхъ образованій; подъ вліяніемъ размыванія эти рыхлые конуса скоро разрушаются: остается только узкая жила, косо прорѣзывающая осадочныя породы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ, напр., на равнинѣ Колорадо, такія тонкія жилы проходятъ пласты мощностью до 800 м., достигаютъ поверхности, не застывая, и образуютъ здѣсь конусъ. Понятно, что магма не можетъ подниматься на такую высоту непосредственно; повидимому, она вгоняется въ эти трещины сильнымъ давленіемъ. Чрезвычайно образно *Зюссъ* сравниваетъ процессъ восхожденія магмы съ инъецированіемъ анатомическаго препарата.

Внутри большихъ конусовъ типа Везувія значительное пространство заполнено лавой. Вслѣдствіи разрушенія исчезаетъ туфовая оболочка, и внутреннее лавовое ядро обнажается въ формѣ болѣе или менѣе округлаго купола. Этотъ процессъ, выясненный трудами *Гамильтона, Гохштеттера* и *Фукса*, объясняетъ образованіе большей части вулканическихъ куполовъ. Впервые подобныя изслѣдованія были произведены *Дуттономъ* на возвышенной равнинѣ Зуньи въ Новой Мексикѣ. Этотъ ученый отмѣтилъ здѣсь цѣлый рядъ куполовъ, называемыхъ по англійски „necks“: они находятся въ различныхъ стадіяхъ разрушенія и отчасти сохранили остатки конуса. Въ Шотландіи изслѣдованіемъ такихъ разрушенныхъ вулкановъ, сохранившихъ значительные остатки конусовъ, занимались братья Гейки. Шотландскіе купола представляютъ особенный интересъ потому, что ихъ туфы внѣдряются въ песчаники пермской системы; это и заставляетъ отнести время ихъ образованія къ пермскому періоду.

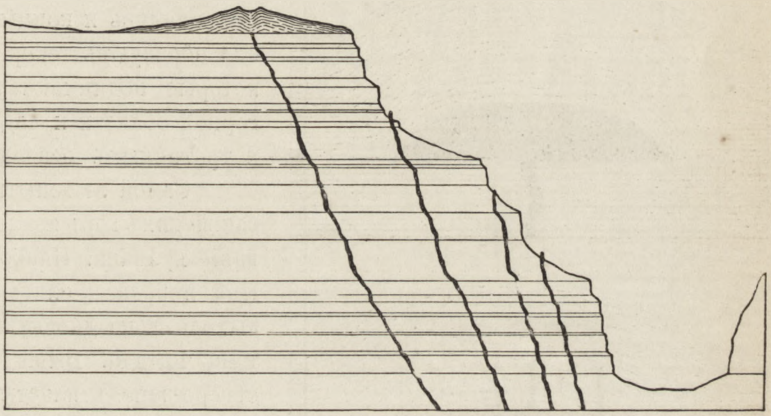


Рис. 213. Вулканическія жилы съ пепельнымъ конусомъ у каньона Тороуипъ на возвышенной равнинѣ Колорадо въ Сѣверной Америкѣ (по Дуттону).

Вулканы типа Везувія и Этны, конуса которыхъ образованы областями туфа, перемежающимися съ потоками лавы и прорѣзанными множествомъ жилъ, представляютъ при своемъ разрушеніи болѣе сложную картину. Если въ конусѣ такого вулкана не было боковыхъ обваловъ и если вслѣдствіе взрывовъ не образовалось глубокихъ долинъ (такъ называемыхъ „Explosionsthäler“), то размываніе идетъ равномѣрно со всѣхъ сторонъ. Сначала появляются барранкосы, въ видѣ лучей расходящіеся во всѣ стороны отъ вершины. Далѣе все глубже размываются рыхлые туфы, а затѣмъ и верхнія части потоковъ, которыя раньше обнажались только у подножія горы или даже значительно дальше. Плотныя лавовыя жилы труднѣе поддаются разрушенію; они поддерживаютъ смежныя съ ними породы и у вершины горы лучами расходятся во всѣ стороны. Въ этой стадіи разрушенія находится древній трахитовый вулканъ *Монте Венда* въ Евганейскихъ горахъ, близъ Падуи. Благодаря прекрасному описанію *Зюсса* и *Рейера*, мы можемъ познакомиться съ нимъ нѣсколько подробнѣе.

Въ центрѣ этой мѣстности располагаются трахитовые туфы, прорѣзанные множествомъ трахитовыхъ жилъ, которыя отчасти внѣдряются въ холмы, образованные осадочными породами и расположенные на окраинѣ этой области. Большинство жилъ сходится въ центрѣ горной группы, т. е. на восточномъ концѣ Монте Венды. Сама Монте Венда и ближайшая ея окрестность образована туфами; среди послѣднихъ выдвигаются въ видѣ длинныхъ и крутыхъ гребней огромныя мощныя трахитовыя жилы. Одною изъ такихъ радіально расположенныхъ жилъ является обрывистый хребетъ Монте Пендизе, на которомъ лежатъ развалины Замка Эццелиновъ. На

другомъ подобномъ же гребнѣ стоитъ монастырь Руа. Такимъ же образомъ располагается множество другихъ болѣе или менѣе мощныхъ жилъ, которыя расходятся въ видѣ лучей во всѣ стороны отъ центральной точки у Монте Венда. Въ серединѣ третичнаго періода, когда окончательно утихла дѣятельность Евганейскихъ горъ, около Монте Венды образовался туфовый конусъ въ родѣ Этны. Остаткомъ его и являются туфовыя массы, расположенныя въ центрѣ мѣстности. Радіальныя жилы представляютъ заполненія тѣхъ трещинъ, черезъ которыя лава направлялась къ паразитнымъ конусамъ во время боковыхъ изверженій. Сохранились и концы лавовыхъ потоковъ; они образуютъ теперь трахитовые купола, которые поднимаются на окраинахъ этой горной области и сидятъ на мезозойскихъ и третичныхъ осадачныхъ образованіяхъ.

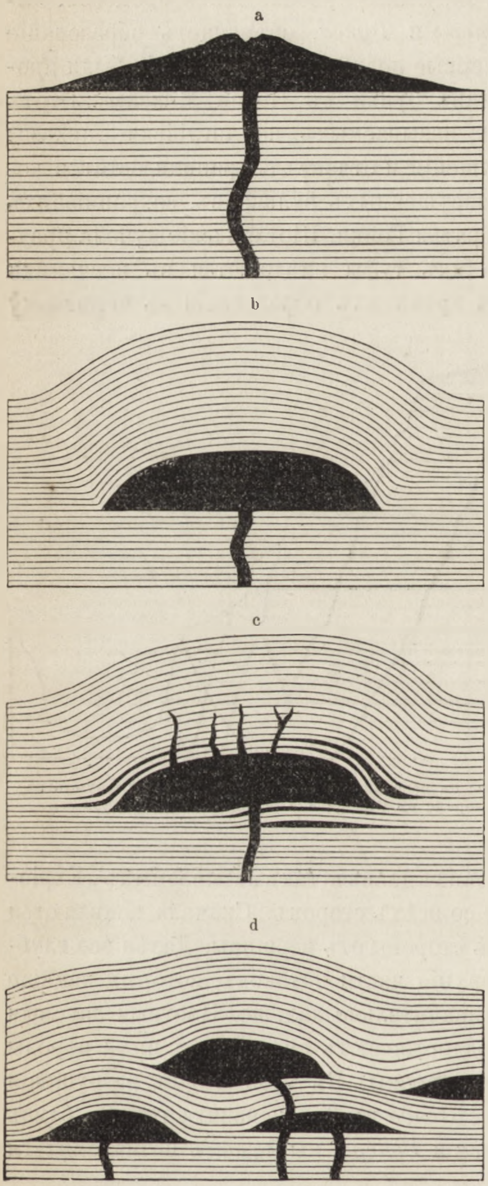


Рис. 214—217. Схематическіе разрѣзы: a) обыкновеннаго вулкана, b) простого лакколита, c) лакколита съ отпрысками, d) группы лакколитовъ (по *Жильберту*).

Самой любопытной особенностью Евганейскихъ горъ является обнаженное основаніе вулкана. Наиболѣе глубоко залегающая порода, — олигоклазовый трахитъ, — выходитъ на дневную поверхность у Фонтана Фредда. Выше лежатъ падающіе на сѣверо-западъ пласты верхне-юрскихъ известняковъ. На протяженіи 2—3 футовъ отъ мѣста соприкосновенія съ трахитомъ онѣ постепенно переходятъ въ свѣтлые зернистые мраморы; чѣмъ ближе къ трахиту, тѣмъ явственнѣе это превращеніе: трахитъ метаморфизовалъ располагающіеся надъ нимъ осадочныя породы. Чтобы внѣдриться въ известняки, онъ долженъ былъ уклониться отъ главной жилы, питавшей вулканъ. На верхне-юрскіе известняки налегаютъ мѣловыя и эоценовыя отложенія. Первыя опять содержатъ въ себѣ изверженныя массы, влившіяся въ нихъ сбоку. Въ виду этихъ фактовъ наше представленіе о вулканѣ должно существенно измѣниться. Мы видимъ, что жила, питающая вулканъ, далеко не всегда обладаетъ такою простою формой, какъ у вулканическаго конуса, лежащаго на возвышенной равнинѣ Колорадо (см. рис. 213 и 214 a). Часто на различной высотѣ лавовыя массы въ видѣ пластовыхъ жилъ разливаются въ стороны и, проникая слоистыя породы, видоизмѣняютъ ихъ на мѣстахъ соприкосновенія.

Огромныя интрузивныя (глубинныя) образованія Сѣверной Америки, описанныя *Жильбертомъ* подъ именемъ *лакколитовъ*, по существу сходны съ описанными выше изверженными массами Евганейскихъ горъ. Это глыбы трахита, обладающія формою куполовъ или караваевъ; они располагаются между слоистыми породами, которыя въ свою очередь представляютъ выпуклость, равномѣрно падающую во всѣ стороны. Разрѣзъ такого лакколита представленъ на рис. 216 (b). Иногда порода, прикрывающая лакколитъ, прорѣзана сѣтью радіально расположенныхъ трещинъ, заполненныхъ тра-

Рис. 218. Лакколитъ Мундъ Эльсуортъ. Гора образована трахитомъ, налѣво вдали — приподнятые осадочные пласты (по Жильберту).

хитовою массою (рис. 216, с). Выше эти жилы изливаются въ другіе лакколиты: послѣдніе связываются такимъ образомъ въ группы (см. рис. 217, d). При обычныхъ условіяхъ на поверхности видны только купола осадочныхъ породъ и никакого слѣда лежащихъ подъ ними тархитовъ; только благодаря разрушительной дѣятельности воды, мороза и др., эти купола въ теченіи многихъ милліоновъ лѣтъ постепенно разрушаются и обнажаютъ свои глубокія части. По мнѣнію *Жильберта*, разрушительныя силы не только могли уничтожить прикрывающія лакколитъ третичныя отложенія, мощностью въ тысячи футовъ, но даже смыть всѣ отложенія отъ верхне мѣловыхъ до каменноугольныхъ. Такимъ именно образомъ и обнажилось большинство лакколитовъ. Такъ какъ трахиты сравнительно съ песчанниками и сланцами менѣе поддаются разрушительному дѣйствію воды, то часто приходится наблюдать горы, трахитовая вершина которыхъ окружена болѣе низкою оболочкою слоистыхъ породъ, падающихъ въ разныя стороны (см. рис. 218). На рис. 219 представлена схема

горы Эльсуортъ, изображенной также на рис. 218. Рис. 219 представляетъ участокъ вырѣзанный съ поверхности, съ боковыми ребрами до 4000 м. въ высоту. Поверхность *aa* представляетъ лакколитовый куполъ въ томъ видѣ, какъ онъ долженъ бы былъ представиться намъ до начала разрушенія. Такимъ образомъ впрочемъ изображена только задняя половина, спереди же виденъ лакколитъ, обнаженный дѣйствіемъ разрушительныхъ силъ.

Лучше всего изучены лакколиты горъ Генри (Henry Mountains) въ южной части штата Утахъ. Къ числу ихъ относится и описанная выше гора Эльсуортъ. Это пять одинокихъ массивовъ, стоящихъ на возвышенной равнинѣ (1500 м.); высшая вершина ихъ гора Элленъ поднимается до 3429 м. Лакколиты располагаются группами другъ подлѣ друга и одинъ на другомъ и составляютъ ядра этихъ горъ. Въ горѣ

Рис. 219. Схема лакколита Эльсуорта (по Жильберту).

Элленъ содержится около 30 лакколитовъ, въ горѣ Гольмеса—2, въ горѣ Эльсуортъ—только одинъ. Они залегаютъ среди отложеній различныхъ системъ—отъ каменноугольной до мѣловой, но по времени своего образованія относятся къ болѣе позднему времени. Наибольшихъ размѣровъ достигаетъ лакколитъ Хиллера, обнаженный до половины. Высота его 2000 м., а поперечникъ основанія—6,4 и 5,6 км. Другіе лакколиты обладаютъ меньшею величиной и въ нѣкоторыхъ случаяхъ достигаютъ только очень незначительныхъ размѣровъ*). У горы Гесперъ въ области Сіерры

*) Нѣчто подобное американскимъ лакколитамъ представляетъ группа одинокихъ горъ, выдвигающихся около Пятигорска и въ его ближайшихъ окрестностяхъ. Свѣтлый кварцевый порфиръ прорѣзываетъ здѣсь мѣловыя и третичныя отложенія. Послѣднія пластуются спокойно и образуютъ почти горизонтальные слои, но вблизи выходовъ порфира испытываютъ сильныя нарушенія и сдвиги. Въ нѣкоторыхъ изъ этихъ горъ порфиръ образуетъ вершину, напр. на горѣ Бештау, Желѣзной, Развалкѣ, Кумѣ, Зміевой, Кабанѣ, Шелудивой, Верблюдѣ, Быкѣ, Джуцѣ. На другихъ горахъ,—на Юцѣ, Машукѣ и Лысой, порфиры не выходятъ на поверхность, и вершина состоитъ изъ мѣловыхъ известняковъ. Въ однихъ случаяхъ порфиры непосредственно выступили на поверхность (Бештау, Быкъ, Желѣзная и др.), въ другихъ—они обнажились вслѣдствіи размыванія прикрывавшихъ ихъ породъ (Быкъ). Всѣ

Лаплаты (въ юго-западной части штата Колорадо) Гольмесъ наблюдалъ чрезвычайно любопытный лакколитъ, который даетъ рядъ жилъ, распространяющихся въ стороны между пластами мѣловыхъ отложеній. Въ лакколитѣ Испанскаго Пика (Spanish Peak), который описанъ Эндлихомъ, видны не только боковыя развѣтвленія, но и цѣлая сѣть жилъ у вершины. Нѣкоторыя изъ этихъ жилъ вылились на дневную поверхность. Если въ слоистыя породы внѣдряется не трахитъ, а жидкая легкоподвижная основная магма, то она уже не принимаетъ формы купола, или каравая, а распространяется на большомъ протяженіи. Точно также и основная лава на дневной поверхности разливается широкими покровами и не образуетъ короткихъ мощныхъ потоковъ. Въ глубинѣ осадочныхъ пластовъ такая магма распространяется въ видѣ пластовыхъ жилъ. Примѣръ такихъ образованій, уже издавна извѣстныхъ въ Европѣ, данъ на рис. 220. На мѣстѣ соприкосновенія съ базальтомъ пласты песчаниковъ, сланцевъ и известняковъ метаморфизованы: измѣненія, наблюдаемыя какъ въ выше, такъ и нижележащихъ пластахъ, показываютъ, что базальтъ влился въ нихъ и что разныя части пластовыхъ жилъ образовались не одновременно.

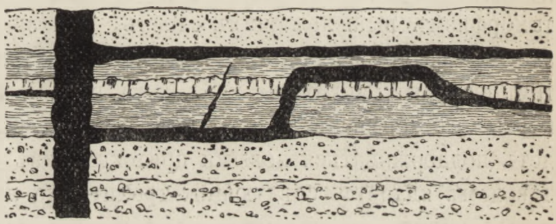


Рис. 220. Базальтовая жила о-ва Скай съ боковыми вѣтвями залегающими между пластами песка иизвестняковъ (по Юдду).

Въ ряду глубинныхъ образованій послѣдняго рода едва ли не самымъ громаднымъ является такъ называемый *Уинъ Силль*. Это базальтовыя жилы, залегающія въ нижнемъ отдѣлѣ каменноугольной системы Нортумберлэнда. Съ незначительными перерывами онѣ простираются на протяженіи отъ 120 до 130 км. и достигаютъ мощности до 23 м. и больше. Залегая между пластами каменноугольныхъ известняковъ песчаниковъ и сланцевъ, онѣ не сохраняютъ неизмѣннымъ своего простиранія и, подобно представленнымъ на рис. 230, базальтамъ острова Скай, то поднимаются вверхъ, то опять падаютъ внизъ. По измѣреніямъ Топлея и Лебура эти колебанія происходятъ въ предѣлахъ около 520 м. въ высоту. Базальты Уинъ Силля разсматривались прежде, какъ покровъ, вылившійся въ періодъ образованія каменноугольныхъ известняковъ. Но когда было доказано многократное восхожденіе и опусканіе его и замѣченъ метаморфизмъ окололежащихъ породъ, глубинный характеръ

эти горы образовались, вѣроятно одновременно въ концѣ третичнаго періода, а можетъ быть и позже. На мѣстахъ соприкосновенія съ порфиромъ мѣловые известняки метаморфизированы, но далеко не во всѣхъ случаяхъ и не болѣе, какъ на нѣсколько дехиметровъ. Послѣднее указываетъ, видимо, на невысокую температуру тугоплавкихъ тягучихъ породъ, образовавшихъ лакколиты Пятигорска.

На южномъ берегу Крыма у Гурзуфа и далѣе по направленію къ Алуштѣ располагается другая группа куполообразныхъ горъ. Въ ряду ихъ выдѣляются по своей величинѣ: Аюдагъ, Чамлы-Бурунъ, Урага и Кастель. Нарушеніе около-лежащихъ сланцевъ и слѣды метаморфизма ихъ заставляютъ считать эти вулканическіе купола также лакколитами.

Любопытный лакколитъ былъ открытъ въ 1894 г. проф. *А. А. Иностранцевымъ* въ Алтайскомъ округѣ на рѣкѣ Тельбесѣ, въ томъ мѣстѣ, гдѣ въ нее впадаетъ р. Мундыбашъ. Этотъ лакколитъ, образованный массами порфирита, не только приподнялъ располагающіяся надъ нимъ красноцвѣтныя слоистыя породы, но мѣстами и прорвалъ ихъ; такимъ путемъ и возникли порфиритовыя жилы, прорѣзывающія эти образованія.

Прим. перев.

его былъ признанъ несомнѣннымъ. Впрочемъ, образованіе лакколитовъ приписывали прежде массовымъ изліяніямъ, происходившимъ во время образованія смежныхъ осадочныхъ породъ. Процессъ представлялся въ слѣдующемъ видѣ: малоподвижныя лавы выливались на днѣ моря, образовали караваеобразныя возвышенія на поверхности горизонтальныхъ осадочныхъ пластовъ и были впослѣдствіи покрыты позднѣйшими отложеніями. Новые притоки густой малоподвижной магмы поддерживали высокую температуру вылившейся массы, которая и произвела измѣненія въ породахъ, располагающихся около лакколита.

Противъ послѣдняго предположенія говоритъ цѣлый рядъ фактовъ. Въ слоистыхъ породахъ, расположенныхъ надъ лакколитами, нѣтъ обломковъ трахита, который неминуемо долженъ былъ бы находится въ нихъ, если бы и въ самомъ дѣлѣ породы эти отлагались на поверхности только-что вылившейся магмы. Далѣе,— трахиты, образующіе лакколитъ, не заключаютъ въ себѣ туфовъ и не обнаруживаютъ слѣдовъ пузыристаго строенія, что было бы прямо невозможно, если бы магма изливалась на морское дно. Постановка пластовъ, покрывающихъ лакколитъ, также исключаетъ послѣднее предположеніе. Еще рѣшительнѣе говоритъ противъ него контактовый метаморфизмъ вышележащихъ слоевъ. Мы знаемъ, что поверхность лавоваго потока застываетъ чрезвычайно быстро, хотя внутри и продолжаетъ сохраняться высокая температура. Застывшая кора, какъ плохой проводникъ тепла, исключаетъ возможность метаморфизма даже въ томъ случаѣ, если температура вылившейся массы будетъ поддерживаться новыми притоками изъ глубины. Наконецъ, самымъ важнымъ доводомъ является слѣдующій: трахитовые лакколиты представляютъ всюду одинаковый составъ, независимо отъ того, располагаются ли они въ каменноугольныхъ, юрскихъ или верхне-мѣловыхъ отложеніяхъ. Но ни одинъ вулканъ не выбрасывалъ лавъ одинаковаго состава даже со времени міоценовой эпохи и до нашихъ дней. Тѣмъ менѣе можно допустить, что на протяженіе такого огромнаго промежутка времени, какой отдѣляетъ каменноугольный періодъ отъ мѣлового, трахитовая магма лакколитовъ не претерпѣла измѣненій. Несомнѣнно, что лакколиты должны были образоваться въ относительно недолгій промежутокъ времени, а потому и не могли выливаться на поверхность породъ, осаждавшихся въ разные геологическіе періоды.

Въ виду вышеприведенныхъ соображеній время образованія лакколитовъ должно отнести къ той эпохѣ, когда процессъ осажденія прорѣзанныхъ ими породъ вполнѣ закончился т.-е., по крайней мѣрѣ, къ концу третичнаго періода: они внѣдрились въ готовые уже пласты песчаниковъ и сланцевъ и приподняли ихъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ породы, прикрывающія лакколитъ, давали трещины, и магма изливалась на дневную поверхность. Глубинныя образованія наблюдаются и около жилъ, питавшихъ вулканы; они представляютъ ихъ боковыя вѣтви и какъ бы въ видѣ клиньевъ внѣдряются въ прорѣзанныя жилою породы. Смотря по составу магмы и по степени ея подвижности, они обладаютъ формою куполовъ или же распространяются въ видѣ тонкихъ пластовыхъ жилъ.

Обратимся теперь къ самымъ жиламъ, питающимъ вулканъ. Извѣстно немало мѣстностей, гдѣ между изверженными породами располагаются сильно размытые штоки (округлыя глыбы) кристаллически зернистыхъ породъ. Это — массы, заполнившія трещину, черезъ которую вулканъ получалъ свою лаву. Одну изъ областей, богатыхъ такими образованіями, представляютъ внутреннія части Гебридскихъ островов, гдѣ ши-

роко распространены мощные базальтовые покровы въ родѣ исландскихъ. На островахъ Муллъ, Арднумаргэнъ, Румъ и Скай, въ такихъ покровахъ залегаютъ четыре гранитныхъ массива; они располагаются вдоль линіи, идущей съ сѣвера на югъ на протяженіи 88 км. и представляютъ ядра большихъ древнихъ вукановъ. Какъ показали изслѣдованія *Гейки* и *Юдда*, въ связи съ этими ядрами стоятъ чечевицеобразные плотные пропилитовые массивы, образующіе ихъ боковыя вѣтви и внѣдряющіяся въ мезозойскія отложенія. Глубинный характеръ ихъ былъ доказанъ Юддомъ уже въ 1874 г. Каждое изъ гранитныхъ ядеръ было позднѣе прорѣзано основною породою габбро. Гранитнымъ штокамъ соотвѣтствуютъ на поверхности кислыя лавы, а штокамъ габбро — базальтовые потоки. Отсюда ясно, что одна и та же магма на поверхности образуетъ *стекловатыя* или *кристаллистически-стекловатыя породы*, а въ глубинѣ пріобрѣтаетъ при застываніи *кристаллически-зернистое* строеніе. Подъ вліяніемъ высокаго давленія, господствующаго въ глубинахъ, магма вполнѣ выкристаллизовывается и даетъ породу, состоящую изъ кристалловъ или кристаллистическихъ зеренъ. Поглощенные ею пары и газы выдѣляются только въ ничтожной степени и образуютъ въ кристаллической породѣ микроскопическія включенія, наполненныя газами и жидкостями.

Подобныя же образованія мы находимъ въ Предаццо въ южномъ Тиролѣ. Со времени Леопольда фонъ-Буха эта мѣстность пріобрѣла огромную извѣстность среди геологовъ и вызвала цѣлый рядъ изслѣдованій. Валь Травиньоло оказался вулканомъ тріасоваго періода. Окрестныя горы образованы тріасовыми отложеніями и изверженными породами, — гранитомъ, сіенитомъ (монцонитомъ), ортоклазовымъ порфиромъ и мелафиромъ. По характеру залеганія этихъ породъ и по расположенію жилъ можно предположить, что онѣ относятся къ одному и тому же періоду дѣятельности вулкана. Основаніе горъ Мулатто Доссо и Капелло состоятъ главнымъ образомъ изъ сіенитовъ и гранитовъ. Надъ ними залегаютъ тріасовые известняки, превратившіеся въ мраморъ на мѣстѣ соприкосновенія съ массивными породами и заключающіе здѣсь множество разнообразныхъ минераловъ. Отъ этого центральнаго штока идутъ жилы сіенита и мелафира, внѣдряющіеся въ тріасовыя отложенія. На вершинахъ окрестныхъ горъ видны мелафировые покровы. Они располагаются на тріасовыхъ известнякахъ и представляютъ остатки лавовыхъ потоковъ. Между осадочными породами тріасоваго періода встрѣчаются мелафировые туфы. Такимъ образомъ и здѣсь изверженныя породы стоятъ въ тѣсной связи съ кристаллическими массивами, которые застыли въ глубинѣ трещины, питавшей вулканъ.

Въ сѣверной Чехіи на Эльбѣ, у Ронгштока, залегаетъ глыба основной породы: здѣсь связь между изверженными и глубинными породами менѣе очевидна, но предположить ее возможно. Какъ показалъ *Хибшъ*, въ томъ же мѣстѣ залегаетъ на глубинѣ основная вполнѣ кристаллическая порода; она прорѣзываетъ мѣловыя и нижнетретичныя отложенія, которыя метаморфизованы ею на огромномъ протяженіи. Это, повидимому, — остатокъ жилы, доставившей на поверхность часть базальтовъ Чехіи.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ размываніе обнажаетъ еще болѣе глубокія части. Всѣ породы, залегавшія на поверхности, исчезаютъ, и передъ глазами изслѣдователя выступаютъ кристаллистическія глубинныя образованія, — граниты, сіениты или діориты. Въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ располагаются цѣлые ряды вулкановъ, разрушенныхъ до обнаженія самыхъ глубокихъ частей ихъ, можно видѣть, что жилы, питавшія эти вулканы, сообщаются между собой и образуютъ одинъ поясъ. Подобныя глубинныя

породы мы находимъ въ Банатѣ между нѣмецкимъ Бокшаномъ и Молдавой; онѣ располагаются вдоль трещины, достигающей 78 км. въ длину, и распадаются на отдѣльные удлиненные участки, которые, повидимому, представляютъ одинъ поясъ. Наконецъ, сіенитовыя горы у Брюнна (Брно) въ Моравіи представляютъ конечную стадію разрушенія. Какъ выразился Зюссъ, подобные гранитные массивы представляютъ только какъ бы рубцы, оставленные на земной поверхности исчезнувшими вулканами.

Изслѣдуя процессы разрушенія вулкановъ, мы можемъ установить правильный взглядъ на происхожденіе нѣкоторыхъ глубинныхъ горныхъ породъ, выступившихъ нынѣ на дневную поверхность. Впервые подобными изслѣдованіями занимался *Юддъ*. Однако, многія изъ извѣстныхъ намъ глубинныхъ породъ гранитоваго типа съ трудомъ поддаются объясненію. Громадное большинство ихъ представляетъ неправильныя округлыя или эллиптическія формы. Залегая въ кристаллистическихъ сланцахъ и слоистыхъ горныхъ породахъ древнѣйшихъ періодовъ они метаморфизуютъ вышележащіе пласты, изливаютъ въ нихъ жилы и даютъ отроги. Такіе гранитные штоки встрѣчаются въ Вогезахъ, въ Чешскомъ Массивѣ, въ Гарцѣ, въ Ирландіи и Шотландіи, въ Норвегіи, въ Альпахъ и во многихъ другихъ мѣстностяхъ. Во многихъ отношеніяхъ они представляютъ сходство съ лакколитами и, дѣйствительно нѣкоторые изъ нихъ могутъ быть отнесены къ этой группѣ глубинныхъ образованій. Они отличаются отъ лакколитовъ только своею огромною величиною. Внутри земной коры возможны нарушенія, такъ сказать, раздвигающія сосѣднія породы. Образующіяся такимъ образомъ пустоты могли заполниться гранитною массой, которая метаморфизовала прикрывающія ее породы и образовала жилы въ ея трещинахъ. Такимъ образомъ возникаетъ другая форма глубинныхъ образованій, такъ называемые *батолиты*. Къ этой группѣ, повидимому, и относятся упомянутые выше гранитные массивы. Если въ вышележащихъ породахъ образуются трещины, то, подъ давленіемъ осѣдающихъ массъ, магма можетъ выдѣлиться на поверхность въ видѣ лавы *).

Если изслѣдованія, начатыя Зюссомъ, продолжатся и прольютъ хотя нѣкоторый свѣтъ на образованія такихъ гранитныхъ массивовъ, то всѣ вулканическія явленія могутъ представиться въ совершенно новомъ свѣтѣ.

Причины вулканическихъ явленій.

Мы познакомились съ строеніемъ, дѣятельностью и географическимъ распредѣленіемъ вулкановъ, разобрали процессы ихъ образованія и разрушенія. Теперь мы должны выяснить причины вулканическихъ явленій. *Вернеръ* не придавалъ послѣднимъ особенно широкаго значенія и разсматривалъ ихъ, какъ явленія мѣстныя. Наоборотъ, плутонисты связывали дѣятельность вулкановъ съ огненно-жидкимъ состояніемъ внутреннихъ частей земного шара. По ихъ мнѣнію, толщина земной коры выражается только

---

*) Совершенно особый видъ глубинныхъ породъ представляютъ финляндскіе „рапакиви“ (гнилой камень), широко распространенные также и на Аландскихъ островахъ. По мнѣнію *І. Седергольма*, эти породы заполнили углубленія, образовавшіяся между плоскостями радіальныхъ сбросовъ. Седергольмъ предлагаетъ назвать ихъ *тафролитами* (отъ греческаго слова *ταφρος*—ровъ, Graben, сбросовая впадина).

Прим. перев.

нѣсколькими милями. Иногда расплавленная масса прорываетъ эту оболочку и производитъ изверженіе. Эта теорія пріобрѣла немного сторонниковъ. Въ предыдущихъ главахъ (стр. 128) мы уже видѣли, что земная кора достигаетъ значительной толщины. Отсюда всѣ слѣдствія плутонистовъ падаютъ сами собою.

Воззрѣнія этой школы уступили мѣсто теоріи *Ляйэлля*. Послѣдній предполагалъ, что очагомъ вулканической дѣятельности являются верхнія области земной коры, и что лава происходитъ вслѣдствіе плавленія слоистыхъ горныхъ породъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ осадочныя образованія достигаютъ значительной мощности, температура нижнихъ слоевъ, располагающихся сравнительно ближе къ раскаленному ядру, должна быть очень высокой и даже достигаетъ точки плавленія ихъ. Присутствіе воды въ осадочныхъ породахъ облегчаетъ переходъ послѣднихъ въ огненно-жидкое состояніе.

Но и эта гипотеза не выдержала строгой критики. Ниже мы увидимъ, что осадочныя породы при сходствѣ ихъ внѣшней формы, обладаютъ чрезвычайно различнымъ химическимъ составомъ. Наоборотъ, массивныя горныя породы, несмотря на разнообразіе минераловъ, ихъ образующихъ, въ общемъ сходны по химическому составу. Основываясь на этомъ фактѣ, *Рихтгофенъ* указалъ впервые, что лавы не могли возникнуть вслѣдствіе плавленія столь разнообразныхъ осадочныхъ породъ.

Другое объясненіе было предложено *Маллетомъ*. Онъ старался доказать, что лавы образуются исключительно на счетъ той теплоты, которая освобождается при работѣ. Вслѣдствіе охлажденія и сокращенія ядра земли, кора лишается въ нѣкоторыхъ мѣстахъ опоры и осѣдаетъ. Подъ вліяніемъ давленія вышележащихъ массъ, горныя породы раздробляются, совершаемая при этомъ работа превращается въ теплоту, которая и плавитъ горныя породы. Вода, содержащаяся въ послѣднихъ, превращается въ паръ, который своимъ давленіемъ выгоняетъ лаву на поверхность. Свои теоретическія соображенія *Маллетъ* пытался подтвердить вычисленіемъ и опытомъ. И то, и другое повидимому оправдало его объясненія. *Маллетъ* нашелъ, что самыя крѣпчайшія горныя породы раздробляются уже при отягощеніи ихъ 14 тоннами (14 тысячами кгр.) груза на 1 кв. дюймъ. Ошибка заключалась въ слѣдующемъ: опыты производились надъ отдѣльными небольшими каменными кубиками, въ природѣ же каждая горная порода представляетъ огромную сплошную массу. Вліяніе послѣдней на крѣпость было упущено изъ виду. Съ другой стороны, совершенно неосновательно предполагалось, что осѣданіе горныхъ породъ происходитъ мгновенно; на самомъ дѣлѣ этотъ процессъ совершается чрезвычайно медленно.

Прежде, чѣмъ перейти къ *объясненію вулканическихъ явленій*, необходимо ихъ точно отграничить. Предметомъ нашего разсмотрѣнія будутъ только тѣ явленія, которыя происходятъ въ кратерѣ во время изверженія. Мы должны выяснить, чѣмъ обусловливается разнообразіе дѣятельности вулкана и почему по окончаніи изверженія дѣятельность его черезъ нѣсколько времени возобновляется. Наконецъ, мы должны ближе познакомиться съ первоначальнымъ возникновеніемъ огнедышащихъ горъ.

Часто изверженія носятъ характеръ взрывовъ и сопровождаются шумомъ, сотрясеніемъ почвы и выбрасываніемъ огромныхъ количествъ паровъ и пепла. При взрывахъ лавовыя массы раздробляются и образуютъ бомбы; послѣднія размельчаются даже въ вулканическую пыль. Особенно стремительныя изверженія сопровождаются обваломъ кратера или образованіемъ котловины. На ряду съ этимъ происходятъ изверженія другого типа. Они выражаются главнымъ образомъ въ простомъ изліяніи лавы, безъ землетрясеній и шума и даже безъ выдѣленія рыхлыхъ продуктовъ.

Ближайшею причиной изверженія являются *пары* и *газы*, выдѣляемые лавой. Постараемся сначала выяснить, откуда они берутся. Какъ показали *Анжело, Чермакъ* и *Рейеръ*, уже во время образованія земли огненно-жидкія массы ея были пропитаны газами. Но на ряду съ этимъ масса обогащается парами и газами также во время восхожденія ея на поверхность земли. Вода проникаетъ черезъ трещины въ горныхъ породахъ, и еще въ большей степени вслѣдствіе капиллярности и диффузіи. Находясь подъ сильнымъ давленіемъ она достигаетъ глубочайшихъ областей и легко поглощается магмой. Какъ показали опыты *Добрэ*, такой процессъ физически возможенъ; онъ кромѣ того подтверждается цѣлымъ рядомъ наблюденій. Мы уже знаемъ, что значительное большинство изверженій на о-вѣ Гаваи происходитъ во время дождей: влага, пропитывающая горныя породы, непосредственно поглощается магмой, которая и обогащается парами. Такимъ образомъ, магма получаетъ пары и газы изъ двухъ источниковъ; которому изъ нихъ принадлежитъ преобладающая роль,—въ настоящую минуту рѣшить невозможно. Въ большинствѣ случаевъ предполагается, что главная масса газовъ пріобрѣтена магмой во время образованія земли, но, какъ мы увидимъ ниже, влага, проникающая въ лаву съ поверхности, имѣетъ огромное значеніе при вулканическихъ изверженіяхъ.

Обыкновенно предполагаютъ, что характеръ изверженія стоитъ въ связи съ количествомъ паровъ, поглощенныхъ магмой: чѣмъ больше ихъ содержится въ лавѣ, тѣмъ сильнѣе взрывы, сопровождающіе изверженіе. Можетъ быть, здѣсь имѣетъ несравненно больше значенія другое свойство лавы, именно, степень ея густоты: по крайней мѣрѣ, *Дана* приписываетъ ему рѣшающее вліяніе на силу взрывовъ. Жидкая подвижная лава свободно выдѣляетъ газы и пары. Внутри нея скопляются незначительныя количества паровъ; вырываясь наружу, они могутъ произвести только слабое дѣйствіе; комья лавы, увлеченные ими, поднимутся сравнительно невысоко и упадутъ обратно въ кратеръ, находясь еще въ раскаленномъ состояніи; раздробленіе лавы въ мелкую пыль невозможно. Примѣромъ могутъ служить вулканы Гаваи. Наоборотъ, густая, малоподвижная лава скоро покрывается на поверхности полузастывшей корой, подъ которой и собираются огромныя количества паровъ. Разрывая ее, они производятъ сильные взрывы и раздробляютъ лаву въ мельчайшую пыль.

Часто высказывалось предположеніе, что большая или меньшая густота лавы зависитъ отъ количества находящихся въ ней паровъ и газовъ, но *Дана* связываетъ это свойство съ составомъ лавы, и видитъ его причину въ большей или меньшей легкоплавкости образующихъ ее минераловъ. Кислыя трахитовыя массы состоятъ изъ туго-плавкихъ минераловъ. Той температуры, которая приводитъ ихъ въ полужидкое состояніе, достаточно, чтобы сообщить полную подвижность частицамъ базальтовъ, образованныхъ легкоплавкими минералами. При остываніи внутри земной коры или на поверхности, подвижность послѣднихъ уменьшается сравнительно немного: кислыя же лавы, если начальная температура ихъ была такова же, переходятъ въ тягучее состояніе. Отсюда несомнѣнна связь между характеромъ изверженій и минералогическимъ составомъ лавъ.

Породы, образовавшія конусъ вулкана и форма кратера также оказываютъ вліяніе на характеръ изверженія. Большой глубокій кратеръ открываетъ безпрепятственный выходъ парамъ; наоборотъ, если кратеръ мѣстами съуживается, то пары скопляются въ лавѣ и, вырываясь наружу, повышаютъ напряженность взрывовъ. Съ другой сто-

роны плоскій вулканъ, образованный лавой, оказываетъ при взрывахъ болѣе значительное сопротивленіе, чѣмъ крутой конусъ, состоящій изъ рыхлыхъ туфовъ.

Иногда на характеръ изверженія оказываетъ значительное вліяніе вода морей или озеръ, проникающая въ лаву. Примѣромъ можетъ служить изверженіе Кракатау и Тараверы. По *Фербеку* и *Юдду*,—не смотря на нѣкоторое различіе предложенныхъ ими объясненій,— причиною первой катастрофы является морская вода, встрѣтившаяся съ лавой. Послѣднее было въ свою очередь обусловлено незначительною высотою кратера, который едва приподнимался надъ поверхностью моря и рядомъ взрывовъ былъ окончательно обрушенъ. Даже въ теченіи первой фазы изверженія сила взрывовъ опредѣлялась притокомъ морской воды. Точно также можно почти съ полною увѣренностью допустить, что всѣ особенности изверженія Тараверы находятся въ связи съ проваломъ Ротомаханы и другихъ озеръ. Наконецъ, обильное выдѣленіе паровъ и грязи Гунунгомъ Гелунунгомъ произошло, благодаря присутствію въ кратерѣ озера.

Въ извѣстныхъ случаяхъ сила изверженія стоитъ въ связи съ *высотою барометра.* Когда понижается давленіе атмосферы, то газы, находящіеся въ лавѣ, встрѣчаютъ меньше сопротивленія, и напряженность изверженія повышается. Существованіе такой связи между давленіемъ атмосферы и дѣятельностью вулкана несомнѣнно доказано для Страмболи, и нѣтъ никакого основанія думать, что другіе постоянно и умѣренно дѣйствующіе вулканы представляютъ исключеніе. Что касается сильныхъ вулканическихъ взрывовъ, то незначительныя измѣненія атмосфернаго давленія не могутъ оказывать на нихъ вліянія.

Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію причинъ, которыя возбуждаютъ вулканъ къ новой дѣятельности послѣ болѣе или менѣе продолжительныхъ періодовъ покоя. Каждое большое изверженіе какъ бы истощаетъ на извѣстное время силу вулкана. Наступаетъ перерывъ, продолжительность котораго нерѣдко стоитъ въ связи съ силою предыдущаго и послѣдующаго изверженія. Послѣ этого лава опять поднимается вдоль трещины, питающей вулканъ, и достигаетъ, наконецъ, тѣхъ областей, гдѣ газы и пары, заключающіеся въ ней, могутъ уже преодолѣть внѣшнее давленіе; происходятъ первые взрывы и сотрясенія земли, кратеръ расширяется, прибываютъ новыя количества лавы, и изверженіе представляетъ далѣе уже извѣстную намъ картину. По окончаніи его лава опять удаляется въ болѣе глубокія области. Этотъ круговоротъ явленій,— подыманіе лаваго столба, изверженіе его и опусканіе,— наблюдается, какъ у спокойно дѣйствующихъ вулкановъ, вродѣ Килауеы или Мауны Лоа, такъ и у вулкановъ типа Везувія, сильные взрывы которыхъ перемежаются періодами покоя. Широкое распространеніе гейзеровъ во многихъ вулканичныхъ областяхъ и обильныя изліянія лавы вдоль трещинъ въ Исландіи приводятъ къ выводу, что по окончаніи изверженій лава сохраняется въ расплавленномъ состояніи въ относительно неглубокихъ частяхъ земной коры. Какія же силы заставляютъ ее время отъ времени выливаться на дневную поверхность?

По общераспространенному взгляду это дѣлаетъ просачивающаяся сверху вода. Прежде главную роль приписывали морской водѣ, вѣроятно въ виду того, что большинство вулкановъ располагается на берегу моря. Но близость моря или большихъ внутреннихъ озеръ вовсе не является необходимымъ условіемъ образованія вулкановъ. Не говоря уже о центрально-азіатскомъ вулканѣ Байшанѣ и вулканѣ у Мергена въ Манджуріи, въ существованіи которыхъ врядъ-ли можно сомнѣваться, но

которые, впрочемъ, мало еще изслѣдованы, достаточно бросить бѣглый взглядъ на вулканы Америки. Вулканы восточнаго ряда Экуадора, Котопахи, Антизана и др. лежатъ въ 30 миляхъ отъ моря и отдѣляются отъ него горною цѣпью, до 6000 м. въ высоту; Толима и гора Худъ отдалены отъ моря на 40 миль. Попокатепетль въ Мексикѣ располагается въ 33 миляхъ отъ берега, недавно образовавшійся вулканъ Ахуско въ 36 миляхъ, а Пунмахуидда на Лаплатѣ даже въ 40 миляхъ. Не менѣе удалены отъ океана нѣкоторые вулканы Перу и Боливіи. Вулканъ, лежащій на возвышенной равнинѣ Уинкаретъ въ Аризонѣ, отстоитъ отъ моря болѣе, чѣмъ на 70 миль. Если бы мы нашли вулканъ около Вѣны или Констанца, то было бы довольно трудно связывать его дѣятельность съ Средиземнымъ моремъ. Точно также вулканъ, стоящій у Готы, невозможно было бы ставить въ связь съ Сѣвернымъ (Нѣмецкимъ) моремъ. Между тѣмъ разстоянія, отдѣляющія американскіе вулканы отъ берега, не меньше. Приведенные факты показываютъ, что близость океана вовсе не является необходимымъ условіемъ существованія вулкановъ и что во всякомъ случаѣ нѣтъ основаній говорить о непосредственномъ притокѣ морской воды къ очагу вулкановъ. Не смотря на это, большинство вулкановъ располагается вблизи небольшихъ водоемовъ, и если мы находимъ среди материка много потухшихъ вулканическихъ горъ, то во многихъ случаяхъ уже доказано, что во время ихъ дѣятельности располагалось не вдалекѣ море или большія озера, въ другихъ случаяхъ такой выводъ представляется весьма вѣроятнымъ. Это совпаденіе нельзя считать случайнымъ и, какъ мы увидимъ ниже, между вулканомъ и моремъ существуетъ связь, но совсѣмъ иного рода, чѣмъ думали до сихъ поръ.

Предполагая, что главная масса газовъ и паровъ, выдѣляемыхъ вулканомъ, образуется изъ морской воды, ссылались на ихъ составъ, который считали тождественнымъ съ составомъ морской воды и растворенныхъ въ ней солей. Послѣднее, однако, оказалось совсѣмъ невѣрнымъ. Присутствіе огромныхъ количествъ углекислоты среди газовъ, выдѣляемыхъ вулканомъ, остается необъяснимымъ. Также трудно понять происхожденіе борной кислоты, въ нѣкоторыхъ случаяхъ образующейся въ большихъ массахъ; наконецъ, попытка связать мѣдь, свинецъ и др. продукты возгонки съ слѣдами этихъ веществъ въ морской водѣ не можетъ считаться удовлетворительной. Съ другой стороны, бромъ и іодъ, въ значительномъ количествѣ встрѣчающіеся въ морѣ, не играютъ почти никакой роли въ продуктахъ возгонки.

Въ разсматриваемой теоріи много и другихъ ошибокъ и неясностей. Нѣтъ никакого основанія думать, что большія количества морской воды уходятъ въ глубину: это было бы возможно только въ томъ случаѣ, если бы дно моря всюду было покрыто отверстіями, отводящими воду въ сторону, а такое предположеніе совершенно невѣроятно. Въ мѣстностяхъ, которыя образованы известняками съ множествомъ трещинъ, вода, выпадающая въ видѣ дождя, гораздо легче проникаетъ въ глубину, чѣмъ на днѣ моря, гдѣ трещины закрыты свѣжими осадками. Если бы огромныя количества соленой морской воды и въ самомъ дѣлѣ циркулировали въ трещинахъ горныхъ породъ, то было бы непонятно появленіе на небольшихъ островахъ прѣсноводныхъ ключей, которые питаются водами близлежащаго материка. Нельзя оспаривать, что при извѣстныхъ условіяхъ морская вода можетъ встрѣтиться съ лавой также, какъ и прѣсная, но нѣтъ основаній приписывать первой главную роль при изверженіяхъ и видѣть въ ней первоначальную причину вулканическихъ явленій: по крайней мѣрѣ, въ дѣятельности нѣкоторыхъ вулкановъ, расположенныхъ

даже среди моря, морская вода не имѣетъ большого значенія. Примѣромъ можетъ служить островъ Гавайи. *Дана* показалъ, что огромное число изверженій (7 изъ 8) приходится на дождливое время года, когда почва влажна. Такимъ образомъ изверженія обусловливаются тою влагой, которая заключается въ горныхъ породахъ, и вода, проникающая въ лаву изъ атмосферы, играетъ значительно большую роль, чѣмъ вода океана.

Къ расплавленной лавѣ совершается непрерывный притокъ воды, а на большихъ глубинахъ — паровъ и газовъ. Вслѣдствіи чрезвычайно сильнаго давленія, дѣйствующаго со всѣхъ сторонъ, послѣдніе не могутъ удаляться и поглощаться магмою. Упругость ихъ постепенно увеличивается, преодолѣваетъ, наконецъ, внѣшнее давленіе и производитъ изверженіе. Такимъ образомъ взрывы вулканической дѣятельности представляютъ явленіе, подобное гейзерамъ. Періоды покоя вулкановъ различны, такъ какъ послѣ каждаго изверженія измѣняется форма внутренняго канала, закрываются прежніе пути, по которымъ двигалась лава, и открываются другіе,—словомъ, создаются совершенно новыя условія.

Высказывалась догадка, что послѣ землетрясеній происходитъ усиленный притокъ воды въ лавѣ по новымъ трещинамъ, чѣмъ и обусловливается повтореніе изверженій. Такимъ именно образомъ пытались объяснить изверженія Кракатау. Конечно, такіе процессы возможны, но не имѣютъ широкаго и общаго значенія, такъ какъ многимъ, даже очень сильнымъ изверженіямъ вовсе не предшествовали землетрясенія. Вообще, въ этомъ вопросѣ очень трудно отдѣлить причину отъ слѣдствія, т. е. отличить изверженія, вызвавшія землетрясенія, отъ такихъ изверженій, которыя являются слѣдствіемъ землетрясенія. Во всякомъ случаѣ землетрясенія могутъ возстановить древнія закрытыя трещины и способствовать усиленію изверженія, которое ими сопровождается.

Описанными процессами (т.-е. дѣйствіемъ газовъ и паровъ) можно объяснить тѣ изверженія, въ которыхъ работа подымающейся лавы выражается только въ преодолѣніи собственной тяжести и въ открытіи кратера. Но не слѣдуетъ забывать, что при нѣкоторыхъ изверженіяхъ производится значительно бо́льшая работа. Такъ, напр., Везувій во время изверженія въ 79 г. по Р. Х. выбросилъ глыбы известняковъ, образующихъ Аппенинскія горы, слѣдовательно прорвалъ гдѣ-то горную породу, залегающую въ его основаніи. При подводномъ изверженіи вблизи Пантелляріи лава стремилась открыть прежнія ея пути на островѣ и приподняла прибрежную полосу длиною въ 10 кил. Только годъ спустя, въ 1891 г., послѣ новаго поднятія берега, она вылилась значительно далѣе къ сѣверо-востоку, уже на днѣ моря. Приписывать такую огромную работу исключительно парамъ мы не имѣемъ достаточныхъ основаній. Отсюда является вопросъ: не принимаютъ-ли участія въ подобныхъ изверженіяхъ, — особенно послѣ періодовъ долгаго покоя, — тѣ силы, которыми обусловливается первоначальное возникновеніе огнедышащихъ горъ?

Выясненіе сущности этихъ силъ составляетъ одну изъ важнѣйшихъ, но и самыхъ трудныхъ задачъ ученія о вулканахъ. Всякая теорія возникновенія вулкановъ должна считаться съ фактомъ, что *вулканы сосредоточиваются на тѣхъ трещинахъ, которыя стоятъ въ близкой и тѣсной связи съ строеніемъ горъ*. Мы встрѣчаемъ вулканы преимущественно у окраинъ горъ, въ такъ называемыхъ областяхъ опусканія, каковы, напр., долина р. По къ югу отъ Альпъ, Венгерская равнина у Карпатскихъ горъ, Тиррентское море у Аппенинъ, наконецъ, Эгейское, Караибское и

Японское моря. Большинство вулкановъ лежатъ на краяхъ такихъ впадинъ. Такъ какъ вода стремится занять наиболѣе низкія мѣста земной поверхности, то въ областяхъ опусканія образуются часто моря или озера. Отсюда вулканы и располагаются въ большинствѣ случаевъ вблизи большихъ водоемовъ. Выше уже указывалось, что области опусканія, обладаютъ различною формою. Иногда онѣ представляютъ длинныя узкія сбросовыя впадины, подобныя той, которую мы встрѣтили въ восточной Африкѣ и продолженіемъ которой служатъ Красное и Мертвое моря. Иногда онѣ изогнуты въ видѣ дуги, какъ напр., въ средней Исландіи, иногда представляютъ какъ бы котловины, какъ въ юго-западной Исландіи, иногда обладаютъ неправильною формой, съ самыми разнообразными очертаніями, какова напр., область опусканія у южнаго края Карпатовъ. Весьма часто вулканы располагаются у продольныхъ сбросовъ, идущихъ параллельно обрывамъ длинныхъ складчатыхъ горъ. Они встрѣчаются также и на поперечныхъ трещинахъ, и на мѣстахъ скучиванія горныхъ цѣпей. Въ нѣкоторыхъ равнинахъ линіи сбросовъ обладаютъ неправильнымъ расположеніемъ; въ такомъ случаѣ и вулканы группируются въ безпорядкѣ. Примѣромъ могутъ служить возвышенныя равнины западныхъ частей Сѣверной Америки. Иногда у главныхъ сбросовъ, гдѣ обыкновенно и сосредоточиваются огнедышащія горы, не видно ни одного вулкана; послѣдніе располагаются вдоль небольшихъ второстепенныхъ трещинъ. Наконецъ, мы встрѣчаемъ вулканы не только у краевъ впадинъ, а также и въ серединѣ ихъ, равно какъ и на сосѣднихъ участкахъ, не измѣнившихъ своего положенія. Наиболѣе разительнымъ примѣромъ этого рода можетъ служить сбросъ къ югу отъ Рудныхъ (Саксонскихъ) горъ, а также большая восточно-африканская сбросовая впадина. Но какъ бы разнообразно ни было расположеніе вулкановъ, оно всегда стоитъ въ связи съ областями опусканія и съ направленіемъ главныхъ горныхъ системъ.

Съ другимъ рядомъ чрезвычайно важныхъ явленій мы познакомились, говоря о разрушеніи вулкановъ. Издавна извѣстныя пластовыя жилы и лакколиты, узкія жилы у возвышенной равнины Уинкаретъ, въ которыя лава вгонялась, какъ въ иньецируемый анатомическій препаратъ, поднятіе берега Пантелляріи, явленія, наблюдающіяся у Палентекена,—все это указываетъ на такую работу, которая не можетъ быть приписана дѣйствію паровъ, поглощенныхъ лавою. Конечно, трещины, черезъ которыя двигалась магма, образовавшая пластовыя жилы и лакколиты, существовали раньше: пути были открыты, но не существавало ни широкихъ расщелинъ, ни обширныхъ пустотъ, такъ какъ и тѣ, и другія должны были снова закрыться подъ давленіемъ горныхъ массъ. Поднимающаяся магма расширила трещины и приподняла горныя массы. Отсюда неизбѣженъ выводъ, что во многихъ случаяхъ лавы не просто поднимаются по открытымъ трещинамъ, но вгоняются въ нихъ съ страшною силою, вталкиваются, подобно клину, въ земную кору. Плутонисты предполагали, что лавы обладаютъ особою свойственною имъ способностью поднимать, горныя породы, но теперь извѣстно, что лавы производятъ работу только до тѣхъ поръ, пока въ нихъ существуютъ сдавленные пары. Сами по себѣ онѣ не движутся, но вгоняются дѣйствіемъ какой-то внѣшней силы. Въ признаніи этого и заключается отличіе современныхъ ученій о вулканахъ отъ теорій плутонистовъ.

Вышеприведенные факты показываютъ, что теорія, приписывающая происхожденіе вулкановъ дѣйствію паровъ, не можетъ считаться удовлетворительной. Дѣло не измѣнится, если мы даже допустимъ, что, кромѣ упомянутыхъ выше источниковъ,

обогащающихъ лаву газами, происходитъ выдѣленіе паровъ вслѣдствіи постепеннаго охлажденія земного ядра. Но, кромѣ того, теоріи пришлось считаться съ цѣлымъ рядомъ другихъ затрудненій, и главнымъ образомъ съ тѣмъ воззрѣніемъ, по которому внутренность земли находится въ полузастывшемъ состояніи и потому не способна производить изверженія. Послѣднее затрудненіе было устранено удачно; было указано, что отвердѣвшая, но накаленная магма должна немедленно перейти въ жидкое состояніе, какъ только образуется трещина и уменьшится вслѣдствіи этого давленіе. Но это не устраняло еще другихъ возраженій, не объясняло напр., періодичности изверженій. Если восхожденіе расплавленной магмы по трещинамъ приписывать давленію газовъ и паровъ, то будетъ понятно, почему истеченіе лавы, разъ начавшись, вдругъ прекращается. Въ отвѣтъ на это возраженіе указывали, что малоподвижныя густыя массы могутъ закрыть трещину и остановить изверженіе. Но такое явленіе возможно только въ томъ случаѣ, когда вулканъ выдѣляетъ основныя лавы; остановки дѣятельности вулкановъ, доставляющихъ на земную поверхность кислыя лавы, остаются необъясненными. Но еще больше затрудненій встрѣчаетъ разбираемая теорія, когда ей приходится объяснить новое пробужденіе дѣятельности вулкана, выбрасывающаго густыя малоподвижныя лавы. Послѣднее во всякомъ случаѣ должно сопровождаться раскрытіемъ главной трещины, а это безъ землетрясенія невозможно. Между тѣмъ даже на островѣ Гаваи, гдѣ вулканы выбрасываютъ только основныя лавы, изверженіямъ вовсе не предшествуетъ сотрясеніе почвы.

Расположеніе вулкановъ у областей опусканія и связь ихъ съ строеніемъ горныхъ системъ являются фактами первостепенной важности. Въ нихъ мы и должны искать ключъ къ пониманію вулканическихъ явленій. Какъ мы увидимъ ниже, появленіе горъ можно разсматривать, какъ слѣдствіе постепеннаго охлажденія земли. Раскаленное ядро послѣдней охлаждается и сильнѣе сокращается, чѣмъ холодная кора. Вслѣдствіи этого послѣдняя какъ-бы съеживается и образуетъ складчатыя горы. При этомъ нѣкоторыя части земной коры осѣдаютъ. Такіе осѣдающіе участки производятъ на магму сильное давленіе, заставляютъ ее подниматься вверхъ и удерживаться на высокомъ уровнѣ, близко къ поверхности. Если осѣдаютъ весьма обширные участки земной коры, то можетъ развиться чрезвычайно сильное давленіе: имъ и объясняются особенности залеганія нѣкоторыхъ изверженныхъ породъ (напр. лакколитовъ). Особый видъ подобныхъ процессовъ представляетъ предполагаемое осѣданіе горныхъ массъ подъ батолитами, объясненіе которыхъ сдѣлано въ предыдущей главѣ; впрочемъ, въ настоящее время мы можемъ говорить объ этихъ процессахъ только въ самыхъ общихъ чертахъ.

Такимъ образомъ вулканическія явленія должно разсматривать, какъ *слѣдствіе охлажденія и сокращенія земли.* Такое объясненіе является наиболѣе вѣроятнымъ, но мы не имѣемъ еще возможности болѣе или менѣе ясно представить себѣ эту связь и установить истинную послѣдовательность явленій. Такимъ образомъ, не смотря на многочисленные труды выдающихся изслѣдователей, вулканы представляютъ еще много загадочнаго.

Часто пытались предсказывать наступленіе изверженій, руководствуясь тѣми явленіями, которыя имъ обыкновенно предшествуютъ. Такими предвозвѣстниками служатъ землетрясенія, высыханіе колодцевъ въ окрестностяхъ вулкана, измѣненіе свойствъ ихъ воды, подземный грохотъ и раскаты, волненіе на морѣ. Иногда принималось даже въ расчетъ положеніе луны и высота барометра. Нельзя, конечно.

сомнѣваться, что проницательный наблюдатель, изучающій вулканъ въ теченіи долгаго времени, можетъ предсказать многія изверженія, но опытъ показываетъ, что всего чаще предсказанное изверженіе не наступаетъ вовсе, и катастрофа происходитъ вдругъ. Такъ, напр., Пальміери, въ теченіи всей своей жизни слѣдившій за Везувіемъ, вечеромъ наканунѣ сильнаго изверженія 1872 г. ушелъ изъ обсерваторіи въ Неаполь, предполагая по всѣмъ признакамъ, что въ эту ночь не можетъ произойти сколько-нибудь важнаго явленія. Но прошло нѣсколько часовъ, конусъ далъ трещину сверху до низу, и огромныя массы лавы вырвались изъ кратера. Вообще, всѣ предсказанія изверженій, дѣлавшіяся до сихъ поръ, имѣли только одно слѣдствіе, — они пугали окрестныхъ жителей.

4. Землетрясенія.

Общій характеръ землетрясеній. — Число землетрясеній и ихъ продолжительность. — Области землетрясеній. — Дѣйствія, производимыя подземными ударами. — Моретрясенія. — Всемірный потопъ. — Причины землетрясеній. — Методы изслѣдованія землетрясеній.

Общій характеръ землетрясеній.

„Первое землетрясеніе, которое я пережилъ“, говоритъ *Гумбольдтъ*, „оставило во мнѣ глубокое и своеобразное впечатлѣніе. Особенно въ этомъ явленіи поражаетъ утрата врожденной вѣры въ покой и неподвижность материка, твердыхъ земныхъ пластовъ. Въ противоположность водѣ, съ ранняго дѣтства мы привыкаемъ считать незыблемой почву, на которой стоимъ. Всѣ чувства утверждаютъ это вѣрованіе, и когда вдругъ заколеблется почва, передъ нами неожиданно выступаютъ таинственныя невѣдомыя силы природы, движущія землю. Одно мгновеніе разбиваетъ иллюзію всей прежней жизни. Мы не вѣримъ болѣе въ спокойствіе природы, чувствуемъ себя перенесенными въ область разрушающихъ невѣдомыхъ силъ, не довѣряемъ болѣе почвѣ, на которой стоимъ“ *).

Люди видятъ въ землетрясеніи грозный источникъ бѣдствій и главнымъ образомъ интересуются тѣми ужасными послѣдствіями его, которыя отражаются на жителяхъ пострадавшей мѣстности. Геологъ смотритъ глубже. Не смущаясь разрушеніемъ, гибелью людей и имущества, онъ изслѣдуетъ это явленіе природы и видитъ въ немъ одно изъ тѣхъ движеній, которыя способствуютъ хотя и медленному, но непрерывному измѣненію земной поверхности. Въ остаткахъ разрушенныхъ жилищъ его вниманіе привлекаютъ трещины стѣнъ, показывающія, какъ именно произошелъ обвалъ. Онѣ позволяютъ ему судить о направленіи и характерѣ подземныхъ ударовъ. Мы пойдемъ по этому пути и будемъ разсматривать землетрясенія, какъ видъ движенія земной коры, выяснимъ ихъ причины и геологическія послѣдствія. О томъ, какъ отражаются они на людяхъ, ихъ жилищахъ и т. п., мы упомянемъ только между прочимъ, какъ о явленіяхъ второстепенныхъ.

---

*) „Космосъ. Опытъ физическаго міроописанія“ Александра фонъ-Гумбольдта, перев. съ нѣм. Николая Фролова. Москва, 1886 г., изд. 3-е, часть I, стр. 193.

Прим. перев.

Строго говоря, подъ землетрясеніемъ слѣдуетъ разумѣть всякое сотрясеніе почвы. Взрывъ пороха, горный обвалъ, опусканіе кровли въ выработанныхъ пространствахъ рудниковъ, движеніе по мостовой воза, нагруженнаго тяжестью,—все это вызываетъ сотрясенія почвы, которыя отличаются отъ настоящихъ землетрясеній только причиною, ихъ вызвавшей. Нерѣдко люди бывали твердо убѣждены, что въ городѣ, гдѣ они живутъ, случилось землетрясеніе, но скоро оказывалось, что волнообразное дрожаніе почвы, напугавшее жителей, произошло вслѣдствіе взрыва порохового погреба. Оставляя въ сторонѣ всѣ подобныя явленія, мы назовемъ землетрясеніями только такія движенія почвы, которыя обусловливаются дѣйствіемъ силъ, скрытыхъ внутри земли и не подлежащихъ непосредственному наблюденію. Землетрясенія, понимаемыя въ такомъ смыслѣ, могутъ происходить отъ различныхъ причинъ. Выяснить послѣднія въ каждомъ данномъ случаѣ и составляетъ задачу геолога.

Сила ударовъ бываетъ различна: страшныя землетрясенія разрушаютъ крѣпчайшія зданія и въ одно мгновеніе превращаютъ въ груды развалинъ цѣлые города. Почва колеблется, точно поверхность волнующагося моря, огромныя скалы обрываются съ горъ, и, падая, все сокрушаютъ на своемъ пути; море, болѣе чѣмъ на тысячу географическихъ миль кругомъ, приходитъ въ волненіе. Но отсюда наблюдается цѣлый рядъ постепенныхъ переходовъ къ слабому дрожанію, которое можетъ быть замѣчено при особенно благопріятныхъ условіяхъ, только развѣ въ верхнихъ этажахъ зданій, да и то при полной тишинѣ. Въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ часто происходятъ сильныя колебанія земли, эти слабыя дрожанія не считаются даже землетрясеніями: ихъ называютъ „temblores“ въ отличіе отъ „terremotos“, т. е. настоящихъ землетрясеній. На ряду съ такими слабыми дрожаніями, едва замѣчаемыми человѣкомъ, земная кора испытываетъ огромное количество ничтожныхъ трепетаній, которыя могутъ быть доказаны только при помощи самыхъ чувствительныхъ приборовъ (такъ называемыхъ сейсмометровъ). Прежде эти явленія тоже считались землетрясеніями, и происхожденіе ихъ приписывалось силамъ, дѣйствующимъ въ глубинѣ земли; этотъ взглядъ отчасти сохранился еще и теперь въ Италіи. Наоборотъ, *Мильнъ*, на основаніи изслѣдованій, произведенныхъ имъ въ Японіи, думаетъ, что эти чрезвычайно слабыя движенія, такъ называемыя дрожанія или трепетанія („tremors“), слѣдуетъ приписать главнымъ образомъ дѣйствію вѣтра и рѣзко отграничить отъ землетрясеній. Окончательно установить какой-нибудь взглядъ на сущность этихъ любопытныхъ движеній почвы невозможно, такъ какъ въ настоящее время они объясняются чрезвычайно разнообразными способами. Но если бы даже и подтвердилось, что явленія эти находятся въ прямой зависимости отъ давленія атмосферы, которая различно отягощаетъ земную кору, смотря по состоянію барометра, то и въ такомъ случаѣ мы были бы слишкомъ далеки отъ пониманія ихъ. Кромѣ этихъ дрожаній микросейсмическіе приборы отмѣчаютъ еще третій родъ слабыхъ колебаній почвы, которыя *Мильнъ* называетъ „пульсаціями“; послѣдній ученый приписываетъ ихъ измѣненіямъ силы тяготѣнія и отличаетъ отъ настоящихъ землетрясеній*).

---

*) Различіе между колебаніями по ихъ силѣ выражается въ слѣдующемъ: 1) Отдѣльные удары (secousses, Stosse) или *макротрясенія* (Beben, terremotos), выражаются значительными разрушеніями на поверхности; 2) *слабыя колебанія* (temblores) замѣчаются людьми при особенно благопріятныхъ условіяхъ, при полной тишинѣ или въ верхнихъ этажахъ зданій; 3) *нѣжныя дрожанія*, или *трепетанія* (trépidations du sol, tremors), открываются микросейсмическими приборами; отличительная черта ихъ заключается въ быстротѣ

Съ давнихъ временъ извѣстно, что передъ землетрясеніями животныя часто приходятъ въ какое-то волненіе: птицы безпокойно кружатся, домашнія животныя явно обнаруживаютъ страхъ, даже кроты, мыши и др. подземные обитатели покидаютъ свои норы и выбѣгаютъ на поверхность. Значительное большинство подобныхъ явленій можно было бы приписать возбужденной фантазіи, болѣе, чѣмъ когда нибудь склонной къ мистицизму, но свидѣтельства чрезвычайно многочисленны и принадлежатъ людямъ, вполнѣ заслуживающимъ довѣрія, а потому сомнѣваться въ дѣйствительности явленія врядъ ли возможно. Конечно, „безсловесныя твари“ не могутъ быть предрекателями, и причиною ихъ безпокойства является, должно быть, слабое дрожаніе земли, предшествующее землетрясенію: обладая острыми чувствами, животныя ощущаютъ его раньше людей.

Число землетрясеній и ихъ продолжительность.

Наблюденія, произведенныя въ Италіи и въ Японіи при помощи чувствительныхъ приборовъ показали, что слабыя сотрясенія почвы происходятъ очень часто. Безъ сомнѣнія, то же самое обнаружится и въ другихъ странахъ, подверженныхъ сильнымъ землетрясеніямъ, каковы: Греція, Малая Азія, Сирія или западный берегъ Южной Америки, если и тамъ будутъ организованы правильныя наблюденія надъ сейсмическими *) явленіями. Но если даже оставить въ сторонѣ слабыя колебанія почвы, то и тогда придется причислить землетрясенія къ числу самыхъ частыхъ и распространенныхъ явленій; мы считаемъ ихъ чѣмъ то необыкновеннымъ, только потому, что живемъ въ мѣстности, гдѣ они случаются рѣдко. Значительная часть Европы лежитъ въ обширной области сеймическаго покоя, которая тянется отъ западнаго берега Франціи и Англіи до озера Байкала. Не смотря на это въ районѣ европейскихъ государствъ происходитъ много колебаній, обыкновенно никѣмъ не замѣчаемыхъ. Примѣромъ можетъ служить Швейцарія. Изъ каталога землетрясеній, ежегодно выпускаемаго *Фуксомъ*, видно, что въ этой странѣ каждый годъ происходятъ незначительныя сотрясенія почвы. Въ самое послѣднее время *Форель* и *Геймъ* производятъ тамъ систематическія наблюденія. Послѣднія показали, что въ 1880 г. произошло не менѣе 59 ударовъ, но не такой силы, чтобы этотъ годъ можно было считать періодомъ наибольшей сейсмической напряженности. Цыфра кажется огромной только потому, что до начала наблюденій много слабыхъ мѣстныхъ колебаній не было вовсе замѣчаемо.

и періодической повторяемости во время одного и того же землетрясенія; 4) *медленныя колебанія* или *пульсацій* (Oscillations lentes, Pulsation) выражаются медленнымъ, неправильнымъ и періодическимъ наклономъ и перемѣщеніемъ почвы; отъ предыдущихъ типовъ землетрясеній они отличаются главнымъ образомъ своею неопредѣленностью; 5) можно отличить еще особый родъ *микросейсмическихъ колебаній* (Ondulations microsismiques), которыя по своей медленности представляютъ сходство съ „пульсаціями“, но отличаются отъ нихъ не только своею непрерывностью (они длятся въ теченіи нѣсколькихъ часовъ и даже дней), но и опредѣленнымъ волнообразнымъ характеромъ движеній почвы.

Прим. перев.

*) Всѣ явленія, сопровождающія землетрясеніе, называются *сейсмическими* (seisis, seisma, seismos — греческіе синонимы, производимые отъ глагола seio — трясти и обозначающіе въ переводѣ „сотрясеніе“).

Прим. перев.

Такимъ образомъ даже въ Европѣ нельзя прослѣдить каждое колебаніе земли. Отсюда понятно, что изъ числа всѣхъ землетрясеній, происходившихъ въ отдаленныхъ и мало культурныхъ странахъ, намъ извѣстны только немногія: легкіе толчки, привлекающіе у насъ всеобщее вниманіе, проходятъ незамѣченными въ тѣхъ странахъ, гдѣ нерѣдки сильныя движенія почвы. Долина Санъ-Сальвадора въ центральной Америкѣ благодаря частымъ землетрясеніямъ, получила среди окрестныхъ жителей названіе „Кускутланы", что значитъ въ переводѣ „висячая койка" (гамакъ). Но объ отдѣльныхъ подземныхъ ударахъ, происходящихъ въ той мѣстности до насъ рѣдко достигаютъ извѣстія. Такимъ образомъ мы знаемъ только о незначительномъ числѣ землетрясеній, совершающихся на сушѣ, а о колебаніяхъ морского дна получаемъ лишь изрѣдка самыя неполныя свѣдѣнія. Несмотря на это, въ періодъ времени съ 1850 по 1857 гг. *Клуге* насчитываетъ не менѣе 4620 землетрясеній. *Фуксъ* пишетъ: „съ 1865 г, до конца 1873 г. я получилъ извѣстія о 1184 землетрясеніяхъ, происходившихъ въ 517 различныхъ мѣстахъ. Хотя Германія вмѣстѣ съ нѣмецкой частью Австріи принадлежитъ къ числу тѣхъ странъ, гдѣ чрезвычайно рѣдко происходятъ колебанія почвы, но въ этотъ періодъ здѣсь наблюдались землетрясенія въ 94 различныхъ мѣстахъ. Изъ числа 1184 землетрясеній далеко не всѣ выразились единичными ударами многія длились недѣли и мѣсяцы и даже нѣсколько лѣтъ. Каждый день этого девятилѣтняго періода ознаменованъ однимъ или даже многими сотрясеніями почвы. Съ 1-го до 6-го мая въ г. Іокогамѣ чувствовалось 123 подземныхъ удара, а послѣ разрушенія Баттанга въ Китаѣ 10 апрѣля 1871 г. землетрясенія непрерывно продолжались въ теченіи 10 дней, и почва колебалась точно корабль на волнахъ разбушевавшагося моря. Во время землетрясенія на о-вѣ Гаваи, которое произошло въ 1868 г. и длилось нѣсколько мѣсяцевъ, насчитано въ теченіи одного марта болѣе 2000 сильныхъ сотрясеній. Такимъ образомъ нѣтъ дня, даже нѣтъ часа, который бы не былъ ознаменованъ землетрясеніемъ. Безъ преувеличенія можно сказать, что поверхность земли непрерывно колеблется, и въ каждый данный моментъ въ той или другой части ея происходитъ землетрясеніе".

Мы уже упоминали, что *отдѣльные удары* происходятъ сравнительно *рѣдко;* обыкновенно они слѣдуютъ одинъ за другимъ, отдѣляясь небольшими промежутками покоя. Часто землетрясеніе начинается однимъ или нѣсколькими быстро слѣдующими другъ за другомъ сотрясеніями, которые въ теченіи немногихъ секундъ производятъ страшныя опустошенія. Иногда главному удару предшествуетъ нѣсколько слабыхъ сотрясеній, иногда онъ является совсѣмъ неожиданно. Предвозвѣстникомъ катастрофы на Хіосѣ былъ короткій и легкій ударъ, происшедшій 3-го апрѣля 1880 г. Опустошительному землетрясенію въ Чарльстонѣ 31-го августа 1886 г. предшествовалъ шумъ, длившійся 12 секундъ, затѣмъ послѣдовалъ первый главный ударъ, а послѣ небольшого перерыва — второй. Оба длились около 50 секундъ. Въ слѣдующія 8 секундъ удары ослабѣли настолько, что были почти не чувствительны. Все грозное явленіе разыгралось въ какія нибудь 70 секундъ. Но еще внезапнѣе была катастрофа въ области Соммервилля, который лежитъ въ разстояніи 20—30 англійскихъ миль къ сѣверо-западу отъ Чарльстона; могочисленные слабые удары продолжались до слѣдующаго года. Землетрясеніе въ Загребѣ не имѣло предшественниковъ. Земля вдругъ пришла въ волнообразное движеніе, которое длилось нѣсколько секундъ и произвело страшныя опустошенія. Хотя послѣдующія колебанія и сильно пугали жителей, но не достигали прежней силы и почти не причинили вреда. Такой же харак-

теръ носило *Лиссабонское* землетрясеніе въ 1755 г. (о немъ см. ниже). Во время землетрясенія въ Южной Америкѣ 26-го марта 1812 г., уничтожившаго г. *Каракасъ*, произошло въ теченіи 20 секундъ три сильныхъ движенія. Нѣсколько медленнѣе было большое землетрясеніе въ *Вѣрномъ* 9-го іюня 1887 г. Главный ударъ произошелъ въ 4 ч. 35 м. утра. Ему предшествовали слабые удары, происшедшіе 5 минутами раньше и разбудившіе все населеніе города. За главнымъ ударомъ послѣдовалъ въ слѣдующіе дни цѣлый рядъ болѣе слабыхъ сотрясеній; постепенно ослабѣвая и отдѣляясь все большими промежутками покоя, толчки происходили въ теченіи двухъ лѣтъ. Такимъ образомъ землетрясенія длятся иногда нѣсколько мѣсяцевъ и годовъ, и число отдѣльныхъ колебаній, ихъ сопровождающихъ, бываетъ чрезвычайно велико. Въ отличіе отъ отдѣльныхъ ударовъ всякій болѣе или менѣе продолжительный періодъ колебаній почвы называется *періодомъ землетрясеній.* Землетрясенія въ *Гроссгерау* въ Гессенѣ въ 1869 и 1870 гг., въ *Виспѣ* въ кантонѣ Валлисъ въ Швейцаріи, послѣднія землетрясенія въ *Загребѣ, Беллюно,* на *Хіосѣ,* въ *Чарльстонѣ,* въ *Вѣрномъ* (1887 г.), — могутъ служить примѣрами. Число отдѣльныхъ сотрясеній, ихъ сопровождавшихъ, измѣряется тысячами. Въ видѣ исключенія наблюдается, что наиболѣе сильные удары не совпадаютъ съ началомъ землетрясенія. Такъ напр. во время землетрясенія въ Австріи въ 1590 г, значительный ударъ чувствовался уже 29-го іюня, наибольшей же силы землетрясеніе достигло только въ сентябрѣ того же года.

Изъ числа извѣстныхъ намъ землетрясеній, выразившихся цѣлымъ рядомъ послѣдовательныхъ колебаній почвы, едва-ли не самымъ замѣчательнымъ является землетрясеніе 1870 г. въ *Фокидѣ* въ Греціи. Оно отличалось небывалой силой и длилось три года. Это землетрясеніе описано *Ю. Шмидтомъ.* Вслѣдствіи безучастнаго отношенія населенія къ интересамъ науки въ названномъ описаніи есть не мало пробѣловъ. Тѣмъ не менѣе общая картина этого явленія чрезвычайно любопытна. Вотъ что пишетъ Ю. Шмидтъ:

„Исторія насчитываетъ немного землетрясеній, подобныхъ тому, которое произвело опустошенія въ Фокидѣ; въ самомъ уже началѣ оно достигало громадной силы и длилось затѣмъ болѣе трехъ лѣтъ, сопровождаясь многочисленными и часто значительными сотрясеніями. Многіе открытые вопросы науки нашли бы блестящее разрѣшеніе, если бы образованный наблюдатель присутствовалъ тамъ въ теченіи всего времени и посвятилъ бы себя неутомимому изученію разнообразныхъ, а подчасъ и опасныхъ сейсмическихъ явленій. Но этого не случилось; немногіе факты, свидѣтелемъ которыхъ привелось мнѣ быть черезъ четыре дня послѣ начала землетрясенія, ничтожны въ сравненіи съ тѣмъ, что безслѣдно погибло для науки. 29 и 30 іюля 1870 г. чубствовались землетрясенія на о-вѣ Лисса. Въ то же время начались слабыя колебанія и въ Греціи; тѣмъ не менѣе уже въ самомъ началѣ они охватывали огромную площадь. Вечеромъ 31 іюля почувствовалось первое значительное движеніе почвы. Въ Эвбеѣ, Аттикѣ и Пелопонесѣ оно не достигало значительнаго напряженія, но въ Фокидѣ и по силѣ, и по продолжительности носило угрожающій характеръ Но никто не ожидалъ бѣдствія, такъ какъ вообще подземные удары здѣсь явленіе обыкновенное, опустошенія же 1817 и 1861 гг. были давно забыты. Въ слѣдующую ночь стояла сильная жара, и люди спали на открытомъ воздухѣ. Потому-то число человѣческихъ жертвъ и не было такъ велико, какъ могло бы быть зимою. Рано утромъ 1 августа около $2^3/_4$ часа почувствовался страшный вертикальный ударъ, за нимъ послѣдовало сильное

вращательное и колебательное движеніе почвы, длившееся 15—20 минутъ. На этотъ разъ не было слышно грохота, но впослѣдствіи онъ происходилъ такъ часто, что даже не привлекалъ особаго вниманія. Въ нѣсколько секундъ Итеа, Ксиропидаги, Хриссо и Дельфы превратились въ груды развалинъ, были также разрушены отчасти Арахова, Анфисса и нѣсколько другихъ мѣстечекъ, а также церквей и монастырей, названія которыхъ почти неизвѣстны. 19 минутъ спустя, земля снова затряслась, и около $1^1/_2$ ч. дня сильный подземный ударъ низвергнулъ на землю остатки городовъ и вызвалъ сильные обвалы на Парнасѣ, Кораксѣ и Кирфисѣ. Безчисленныя движенія земли, грохотъ и шумъ, не прекращавшіеся ни днемъ, ни ночью, длились въ теченіи всего августа, сентября и октября. Наиболѣе сильные удары распространялись на всю Грецію и на нѣкоторыя части Турціи. 25 октября населеніе было внѣ домовъ; общее вниманіе привлекало напугавшее всѣхъ сѣверное сіяніе. Въ это время раздался новый сильный подземный ударъ. Городъ Анфиса, сохранившійся еще послѣ катастрофы 1 августа, въ одно мгновеніе былъ разрушенъ, а въ Итеа, Дельфахъ и др. мѣстахъ люди покинули свои деревянные хижины, изъ которыхъ многіе снова пострадали. Все, что обстроилось заново въ теченіи послѣднихъ 10—11 недѣль, было разрушено опять. Наступила зима, и несчастные жители Фокиды принуждены были ютиться въ деревянныхъ шалашахъ и въ полуразрушенныхъ зданіяхъ. Между тѣмъ подземные удары продолжались; не было надежды, что колебанія земли скоро прекратятся. Какихъ размѣровъ достигали разрушенія, какъ велики причиненные ими убытки, сколько людей убито и ранено,—все это не было опубликовано въ свое время. Я думаю, что число жертвъ не превышаетъ ста; большинство погибло 1 августа, такъ какъ потомъ жители были осторожны да и наскоро построенные хижины не представляли уже большой опасности.

Если руководствоваться газетными извѣстіями и тѣми свѣдѣніями, которыя я лично получилъ въ письмахъ, то „съ 1 августа 1870 г. до 1 августа 1873 г., можно насчитать только 35 большихъ ударовъ. Но я думаю, что эта цифра составляетъ только десятую часть истинной и что въ теченіи трехъ лѣтъ произошло, по крайней мѣрѣ, 300—320 сильныхъ ударовъ. Что касается скорости, съ которою удары слѣдовали другъ за другомъ, то во второй годъ она не уменьшилась, но въ общемъ сотрясенія были слабы. Горные обвалы и грохотъ были менѣе значительны, чѣмъ въ 1870 г. Въ 1871 г. никто еще не рѣшался строить каменные дома. До зимы 1870 г. земля не переставала колебаться, а въ мѣстечкѣ Монтлія, между Парнасомъ и Кирфисомъ, яйцо, лежавшее на металлической пластинкѣ, въ теченіи трехъ мѣсяцевъ не переставая дрожало. Въ первые три дня сотрясенія земли происходили, по крайней мѣрѣ, черезъ каждыя три секунды: ежедневно можно было насчитать ихъ около 29000.

Уже 1-го августа правительство приняло мѣры для поданія помощи пострадавшимъ. 3-го августа рѣшено было отправить въ Фокиду особую коммиссію, на которую было возложено, между прочимъ, веденіе научныхъ наблюденій. Въ тотъ же день вмѣстѣ съ проф. Христоманосъ я выѣхалъ изъ Аѳинъ. Утромъ 4-го августа мы достигли Коринѳскаго перешейка, а въ 4 часа прибыли въ мѣстечко Итеа въ Фокидѣ, на берегу моря. Здѣсь все было разрушено, даже нельзя было розыскать какой нибудь шатеръ. Въ виду возможности прилива я расположился на бивакѣ въ 200 шагахъ къ востоку отъ мѣстечка на высокомъ холмѣ, достигавшемъ 3—4 м. Пока мы находились на перешейкѣ и когда ѣхали по морю, землетрясеній не было

и не слышалось даже никакого шума. Приближаясь къ Итеа, мы услышали впервые подземный грохотъ, не смотря на стукъ машинъ нашего судна, а когда мы сошли на опустошенный берегъ, то почувствовали сотрясеніе почвы, которое, впрочемъ, не достигало особенной силы. Устроивъ свой бивакъ, я сталъ производить наблюденія. Дулъ довольно сильный вѣтеръ, и фиговые кустарники, покрывавшіе землю, шумѣли листьями. Поэтому я не могъ слышать слабыхъ звуковъ и наблюдать незначительныя колебанія. При такихъ неблагопріятныхъ условіяхъ я подмѣтилъ въ теченіи 35 м. 8 сотрясеній и еще болѣе слышалъ раскатовъ весьма умѣренной силы и продолжительности. Къ ночи вѣтеръ прекратился, и въ теченіи 10 минутъ я насчиталъ 16 раскатовъ и колебаній почвы. Около полуночи я распрощался со своими спутниками и остался совершенно одинъ на сѣверной сторонѣ маленькаго холма, чтобы при полной тишинѣ наблюдать землетрясеніе. Въ теченіи часа я слышалъ 71 раскатъ, изъ числа которыхъ по крайней мѣрѣ 16 сопровождались довольно значительными сотрясеніями. Мнѣ все-таки кажется, что много слабыхъ колебаній почвы ускользнули отъ моего вниманія, такъ какъ слабый шумъ вѣтра и другіе звуки мѣшали наблюденію.

Около 1 часа ночи я собрался было отдохнуть, чтобы съ новыми силами продолжать изслѣдованіе; но едва только я прилегъ, вдругъ произошло сотрясеніе страшной силы: все кругомъ въ испугѣ бросилось бѣжать. Это случилось въ 1 ч. 27 мин. 36 сек. ночи. Воздухъ былъ спокоенъ. Страшному подземному удару предшествовалъ сильный, но глухой грохотъ, онъ продолжался въ теченіи нѣсколькихъ десятыхъ секунды и напоминалъ выстрѣлы, производимые съ судна, которое находится въ разстояніи 1 часа пути отъ берега. Почва поднялась вверхъ, точно коверъ, развѣваемый бурей, но медленно и спокойно; это былъ не толчокъ, а скорѣе медленное приподниманіе. Я былъ подброшенъ вверхъ, но не испыталъ при этомъ ощущеній быстраго паденія: скорость моего движенія была не велика, и паденіе длилось двѣ—три секунды. Послѣ этого главнаго толчка замѣчались слабыя дрожанія въ теченіи слѣдующихъ 8—10 секундъ. Быстро овладѣвши собой и поднявшись съ земли, я направилъ свои взоры на сосѣднее море и тутъ только получилъ полное представленіе о всѣхъ послѣдствіяхъ землетрясенія. Въ то мгновеніе, когда раздался подземный грохотъ и послѣдовалъ ударъ, послышался съ запада шумъ и трескъ развалинъ, обрушившихся, вѣроятно, въ мѣстечкѣ Итеа, крикъ жителей на берегу, лай собакъ и короткій рѣзкій шумъ моря у берега, который оно залило на 2 м. Затѣмъ нѣсколько секундъ длилась тишина, и съ востока донесся шумъ низвергавшихся скалъ, которыя оборвались съ вершины Керфиса, съ грохотомъ катились по ущельямъ и крутымъ обрывамъ и низвергались въ равнину и въ море. Когда прекратился этотъ грохотъ, — то болѣе громкій, то болѣе тихій, смотря по разстоянію, — я услышалъ слабый и глухой шумъ, происходившій отъ паденія тѣхъ скалъ, которыя катились съ Парнаса. Наконецъ, донесся шумъ камней съ запада и съ сѣверо-запада, съ Коракса и съ возвышенности около Анфисы; онъ рѣзко отличался отъ возобновившагося опять подземнаго грохота. Среди ночной тревоги я слышалъ невдалекѣ шумъ бившихся другъ о друга листьевъ фиговыхъ деревьевъ, паденіе насѣкомыхъ съ сухихъ растеній и видѣлъ, какъ бѣжали ночные звѣри, въ испугѣ бросившіе норы.

„Утромъ 6 августа мы отправились въ Дельфы. Небо было ясно, воздухъ спокоенъ. Когда пришлось подниматься въ гору, я слѣзъ съ лошади, чтобы въ случаѣ

обвала свободнѣе было двигаться. Въ 7 часовъ мы остановились въ южной части мѣстечка, которое было совсѣмъ разрушено. Все лежало на землѣ, выдвигались только остатки стѣнъ, да стояла невредимой маленькая башня какой-то церкви. Къ востоку подъ масличными деревьями лежали развалины монастыря Панагіи, рядомъ громоздились каменныя глыбы, которыя оборвались невдалекѣ и, падая, вырывали съ корнями деревья. Щебень, глыбы камней, вырванныя и поломанныя масличныя деревья и тополи загромождали узкое ущелье, которое около монастыря открывается въ долину Плейстоса. Изъ гладкой стѣны извѣстной въ древности Федріады, располагающейся къ западу отъ Кастальскаго источника, были вырваны огромные столбы въ 300—400 ф. высотою и въ 60—80 ф. толщиною. Они были отброшены къ югу и лежали на полѣ, отдѣляющемъ Дельфы отъ источника. Послѣдній былъ окруженъ валомъ каменныхъ глыбъ, которыя оборвались съ горъ, расположенныхъ къ востоку. Чтобы подойти къ источнику съ южной стороны, нужно было перебраться черезъ кучу камней. Опасаясь, что эта достопамятная мѣстность скоро совсѣмъ сотрется съ лица земли, мы отправились посмотрѣть на нее поближе, не взирая на громъ и землетрясеніе. Отмѣтивъ показаніе термометра въ воздухѣ и измѣривъ температуру воды, мы быстро собрались въ обратный путь. Проѣзжая около крутыхъ скалистыхъ стѣнъ, мы опасались паденія камней съ вершинъ.

„Если допустить, что въ первые три дня въ каждыя 3 секунды происходило по 1 сотрясенію, то общее число ихъ достигнетъ 86 тысячъ. Четыре дня спустя, по моимъ наблюденіямъ въ мѣстечкѣ Итеа чувствовалось въ теченіи 24 часовъ, по крайней мѣрѣ, 1700—2000 раскатовъ и ударовъ. Зимою все время земля была неспокойна. Если принять еще въ расчетъ тѣ незначительныя дрожанія и слабые звуки, которые были слышны только ночью, то на послѣдніе 5 мѣсяцевъ 1870 г. придется около 500,000 сотрясеній и раскатовъ. Послѣдніе происходили втрое или вчетверо скорѣе, чѣмъ первые. Такъ какъ землетрясеніе длилось $3^1/_4$ года, то безъ преувеличенія можно сказать, что у эпицентра*) произошло $^1/_2$—$^3/_4$ милліона сотрясеній и раскатовъ. Изъ нихъ 300 сильныхъ и опасныхъ ударовъ, сопровождавшихся разрушеніемъ, 50,000 ударовъ, которые не привлекали особаго вниманія и $^1/_2$ милліона раскатовъ. Остатокъ выражаетъ число слабыхъ дрожаній и звуковъ, которые можно было слышать только ночью“.

Мы познакомились съ однимъ изъ страшнѣйшихъ землетрясеній, которыя когда-либо происходили. Пострадавшія мѣстности занимаютъ по Шмидту площадь въ 28 кв. миль; область, охваченная полнымъ разрушеніемъ (плейстосейстовая область), достигаетъ 7 кв. миль. На огромномъ пространствѣ во всей Греціи, въ Ѳессаліи, на Іонійскихъ островахъ чувствовались сотрясенія. Даже много лѣтъ спустя въ пострадавшихъ мѣстностяхъ не сгладились слѣды этого грознаго землетрясенія: въ Анфисѣ бросалось въ глаза множество новыхъ дмовъ, въ мѣстечкѣ же Итеа (скала ди Салона) не отваживались строить зданія изъ камня; здѣсь ютились только низенькія хижины, сложенныя изъ необожженнаго кирпича. Изслѣдованіе горъ по-

---

*) Какъ будетъ выяснено ниже, всякое землетрясеніе распространяется изъ нѣкоторой точки (линіи или плоскости), расположенной на извѣстной глубинѣ подъ поверхностью почвы и называемой *центромъ*, или правильнѣе—*гнѣздомъ* землетрясенія. Основаніе перпендикуляра, опущеннаго изъ этой точки на поверхность, или проекція линіи (плоскости) называется *эпицентромъ* землетрясенія. Въ области эпицентра удары направлены перпендикулярно къ поверхности (вертикальные удары) и чувствуются одновременно (см. ниже).

Прим. перев.

ксзываетъ, что въ прежнія времена здѣсь происходили еще болѣе ужасныя землетрясенія. Хотя по описаніямъ Шмидта обвалы и теперь были многочисленны, но слѣды прежнихъ разрушеній, которыя съ изумленіемъ изслѣдуетъ геологъ, дѣлаютъ ихъ болѣе, чѣмъ скромными. Недалеко отъ горной деревушки Сигдица, къ сѣверу отъ Амфиссы, стоитъ огромная утесистая известковая гора, поднимающаяся на нѣсколько сотъ футовъ въ высоту, Расположеніе пластовъ въ ней не соотвѣтствуетъ строенію окололежащей мѣстности, и происхожденіе ея представлялось загадочнымъ до тѣхъ поръ, пока не было доказано, что это — только огромная глыба, оборвавшаяся съ сосѣдней горы Кораксъ (Гіона). Существуютъ извѣстія, что галльскія полчища, пытавшіяся въ 279 г. до Р. Х. разграбить Дельфійскій храмъ, были сильно напуганы паденіемъ каменныхъ глыбъ, оборвавшихся съ вершины Еарнаса.

Не менѣе грозный характеръ носило знаменитое землетрясеніе въ Семирѣченской области, разрушившее въ 1887 г. 28 мая (9 іюня) г. Вѣрный и продолжавшееся около трехъ лѣтъ. Вся Россія была взволнована страшными послѣдствіями катастрофы, и отовсюду стекались пожертвованія пострадавшимъ. Мрачныя воспоминанія объ этомъ событіи еще живо сохраняются въ памяти многихъ... Землетрясеніе разразилось внезапно надъ спящимъ городомъ. Наканунѣ вечеромъ небо было совершенно безоблачно, и ничто не предвѣщало ужасовъ слѣдующаго дня; только странный видъ заходящаго солнца кроваво-багроваго цвѣта, почти безъ лучей, предвѣщалъ что-то необыкновенное. Какая-то страшная тишина распространилась въ природѣ: даже легкій вѣтерокъ не колебалъ листья деревьевъ и верхущекъ травы; не было слышно ни пѣнія птицъ, ни крика животныхъ: все будто замерло въ ожиданіи чего-то страшнаго. Домашнія животныя, — лошади, коровы, собаки, — чуяли близость страшной катастрофы и дрожали въ ужасѣ; лошади не брали кормъ; ихъ съ трудомъ удерживали на дворахъ; рогатый скотъ, особенно коровы, были „не посебѣ", какъ говорили казаки; а свиньи бросались со дворовъ. Наканунѣ землетрясенія, во многіе дома, въ комнаты, черезъ открытыя окна влетали ласточки, воробьи, голуби, какъ бы подтверждая народную примѣту о близкомъ несчастіи въ домѣ". Перепелки, бывшія у меня въ комнатѣ, говоритъ очевидецъ, въ ночь на 28 мая были такъ безпокойны, какъ ни въ одну изъ предшествовавшихъ ночей".

Утромъ 28 мая, въ 35 м. пятаго, раздался сильный подземный гулъ, и почувствовался рѣзкій толчокъ, разбудившій всѣхъ спавшихъ. Колебаніе земли продолжалось не болѣе секунды. Такъ какъ здѣсь землетрясенія довольно часты, то скоро всѣ успокоились. Но чрезъ нѣсколько минутъ раздался второй гулъ: казалось, будто звонило множество колоколовъ или ѣхали тяжелые орудія. За этимъ гуломъ послѣдовали сильные удары: моментально начала сыпаться штукатурка, рушиться печи и стѣны, и попадали потолки. Эти рѣзкія колебанія съ сильнѣйшими толчками продолжались минутъ пять. Шумъ и грохотъ отъ разрушавшагося города былъ ужасенъ, а поднявшаяся пыль наполнила улицы, какъ бы туманомъ. Животныя сорвались съ привязей и бѣшено мчались въ разныя стороны съ дикимъ мычаніемъ и ржаніемъ. Въ первую минуту казалось, что города болѣе не существуетъ, что разрушены всѣ зданія безъ исключенія. Однако, нѣкоторые дома устояли, хотя въ стѣнахъ ихъ и образовались громадныя трещины. Замѣчательно, что всего менѣе повреждены дома, построенные отъ юга къ сѣверу. Кромѣ того, уцѣлѣло большинство дедеревянныхъ домовъ, гдѣ развалились только всѣ печи и попадали трубы. Новыя, болѣе массивныя, постройки пострадали болѣе другихъ. Губернаторскій домъ, четыре зданія гимназіи, архіерейскій домъ съ церковью разрушились преимущественно въ своихъ верхнихъ частяхъ. У нихъ обвалились фронтоны и углы, отчасти стѣны и потолки. Нижніе этажи этихъ зданій покрылись только незначительными трещинами. Отъ колокольни, величественно возвышавшейся надъ соборомъ, не осталось и слѣда, только на землѣ лежалъ желѣзный остовъ остроконечной верхушки ея съ однимъ небольшимъ колоколомъ. Стѣны самаго собора отчасти растрескались, отчасти разрушились,—особенно сѣверная и южная. Церковь Покрова Пресвятыя Богородицы, построенная всего три года назадъ, представляла печальный видъ разрушенія. Колокольня и стѣны ея, за исключеніемъ одной восточной, превратились въ безформенную груду кирпичей. Но всего ужаснѣе были послѣдствія землетрясенія въ горахъ и предгорьяхъ: цѣлыя скалы обрушились въ ущелья и долины, запрудили рѣки и погубили много скота. Грохотъ и гулъ былъ оглушителенъ.

Среди населенія распространилась всеобщая паника. Въ первую минуту почти никому не приходила въ голову мысль, что надо спасаться и спасать другихъ. Всѣ выскочили, кто въ чемъ былъ, на улицы, гдѣ, сидя и лежа, ожидали неминуемой гибели, Черезъ четверть часа послѣ землетрясенія всѣ жители города стали равны по положенію. Почти всѣ выбѣжали босыми, ни у кого не было ни гроша денегъ. Первою заботою всѣхъ

было прикрыть свою наготу. Многіе, опомнившись отъ перваго испуга, не доискивались своихъ родныхъ и близкихъ; матери бросились доставать изъ полуразрушенныхъ домовъ своихъ забытыхъ дѣтей; другіе спѣшили вынести, что было изъ одежды и болѣе цѣннаго имущества. Между тѣмъ подземные удары и сотрясенія продолжались въ теченіи цѣлаго дня. Поврежденныя и расшатанныя стѣны домовъ не выдерживали новыхъ толчковъ и обрушивались то здѣсь, то тамъ, погребая подъ развалинами неосторожныхъ.

Незавидно было положеніе горожанъ Вѣрнаго въ это злополучное утро. Но еще бѣдственнѣе была участь заключенныхъ въ Вѣрненской военной гаупвахтѣ и въ тюремномъ замкѣ, гдѣ содержалось большое число арестантовъ (221); колебанія почвы и сильный страхъ помѣшали караулу позаботиться о выпускѣ заключенныхъ. Ветхое зданіе гаупвахты разрушилось уже при первыхъ ударахъ, похоронивъ подъ своими развалинами многихъ арестантовъ; 10 человѣкъ вырыты уже мертвыми. Въ тюрьмѣ, благодаря прочности зданія, несчастныхъ случаевъ съ людьми не было, кромѣ легкихъ ушибовъ. Не менѣе пострадали солдаты въ лагерѣ, гдѣ погибло 14 человѣкъ и многіе ранены *(А. Я. Фриде).* Уже скоро послѣ первыхъ толчковъ появились на улицѣ медленно двигавшіяся телѣги, нагруженныя ранеными и ушибленными. Городскія власти старались хотя нѣсколько возстановить порядокъ въ смятенномъ населеніи. Военный губернаторъ, А. Я. Фриде, съ повязанной головой (онъ былъ раненъ въ голову и ноги) разъѣзжалъ въ экипажѣ, дѣлая нужныя распоряженія и организуя первую помощь. Чувствовался большой недостатокъ въ печеномъ хлѣбѣ. Вскорѣ была устроена продажа его по цѣнѣ, бывшей до землетрясенія, бѣднымъ раздавали даромъ. Въ наскоро поставленныхъ юртахъ подавалась медицинская помощь. Преосвященный Неофитъ совершилъ всенародное молебствіе въ походной церкви-палаткѣ. Множество народа стеклось сюда: всѣ набожно молились объ избавленіи себя и ближнихъ отъ страшной гибели, отъ смерти, грозившей отовсюду. Порой молитвы прерывались подземнымъ гуломъ и сотрясеніями земли. Народъ не разбѣгался въ ужасѣ, а только, падая на колѣни, учащенно крестился. Убитыхъ отпѣвали по нѣскольку десятковъ сразу. Многіе изъ нихъ были погребены безъ гробовъ въ большихъ могилахъ, по нѣскольку человѣкъ въ каждой.

Вечеромъ 28 мая распространились слухи, что по сѣвернымъ склонамъ Заилійскаго Алагау движутся потоки воды и грязи, которые могутъ затопить городъ. Слухи эти имѣли нѣкоторое основаніе, потому что большіе глинистые обвалы, происшедшіе въ горахъ, завалили рѣки Малую и Большую Алматинку, Аксай и др. Вслѣдствіе этого вода по арыкамъ перестала течь. Жители пришли въ страшное безпокойство тѣмъ болѣе, что толчки и колебанія почвы продолжались. Въ субботу 30 мая, около 11 часовъ утра, какъ бы въ подтвержденіе ходившихъ слуховъ, съ горъ прискакали киргизы съ крикомъ: „вода идетъ!“ Трудно представить начавшуюся суматоху. Все бросилось бѣжать изъ города: тысячи людей разныхъ національностей—киргизы, казаки, малороссы, китайцы, таранчи, дунгане и др. пѣшкомъ, верхомъ, въ экипажахъ, таща дѣтей и женщинъ. устремились въ Илійскъ и Тангаръ, распространяя на пути невѣрные слухи и увеличивая панику. Всякій мчался безъ памяти, не сознавая, отчего онъ бѣжитъ и куда... Но ни одна изъ „оплывинъ“ не достигла города. Черезъ часъ, два, не видя ужасающей воды и грязи, бѣглецы стали возвращаться назадъ. Обезумѣвшіе горожане накинулись на киргизовъ и другихъ инородцевъ, обвиняя ихъ въ умышленномъ возбужденіи паники съ цѣлью грабежа. Вмѣшательство власти, подкрѣпленной мѣстными войсками, предотвратило ужасныя послѣдствія этихъ столкновеній, но все-таки не мало киргизовъ было избито, изранено и даже изувѣчено до смерти. Обстоятельство тѣмъ болѣе прискорбное, что только благодаря киргизамъ, городъ былъ снабженъ множествомъ юртъ

Въ слѣдующіе дни населеніе находилось въ тревожномъ, нервномъ состояніи и чутко относилось ко всякимъ слухамъ. Немудрено, что были случаи умопомѣшательствъ, особенно среди женщинъ и что нелѣпые разсказы распространялись даже въ іюнѣ и іюлѣ: такъ, напр., ходилъ слухъ о провалѣ Вѣрнаго во время затменія 7 августа, а киргизы предсказывали полную темноту въ теченіи 7 дней, погибель русскихъ и возстановленіе ихъ господства. На почвѣ этихъ слуховъ образовались разбойничьи шайки, которыя грабили аулы своихъ сосѣдей

Въ окрестныхъ селеніяхъ землетрясеніе отразилось слабѣе и не вызвало такихъ разрушеній, но на сѣверныхъ склонахъ Заилійскаго Алатау около эпицентра происходили страшные обвалы и оползни, сообщившіе горамъ неузнаваемый видъ. Любопытно, что это землетрясеніе, распространившееся и вдоль и поперекъ горныхъ хребтовъ, видимо, вовсе не чувствовалось на гребняхъ и вершинахъ высокихъ горъ; по крайней мѣрѣ, мы не имѣемъ ни одного положительнаго свидѣтельства; наоборотъ, киргизы и казаки, бывшіе въ моментъ сильнѣйшаго удара 28 мая на большихъ высотахъ, всѣ единогласно сообщаютъ, что они не только не замѣчали колебаній почвы, но и не слышали подземнаго гула: они не подозрѣвали катастрофы въ Вѣрномъ, пока не спустились внизъ Сотрясенія и гулъ отчетливо замѣчались только въ пониженныхъ частяхъ хребтовъ

Землетрясеніе въ г. Вѣрномъ съ окрестными селеніями причинило значительные убытки. Въ самомъ городѣ изъ 1799 домовъ уцѣлѣлъ только одинъ, а въ окрестныхъ селеніяхъ изъ 3373 разрушено 994. Общую потерю оцѣниваютъ слишкомъ въ $2^1/_2$ милліона рублей. Какъ это ни удивительно, но число человѣческихъ жертвъ оказалось, къ счастью, небольшимъ:

всего убитыхъ и умершихъ отъ ушибовъ было 332 человѣка. Въ теченіи цѣлаго года отдѣльные, хотя слабые, толчки повторялись довольно часто, въ началѣ — каждый день, а въ концѣ года уже съ промежутками въ 2—3 и даже 5—6 дней; въ 1888 и 1889 году они происходили все рѣже и слабѣе; 20 января 1888 года, а также 7 и 13 февраля, толчки были довольно чувствительны и сильно обезпокоили жителей. Весь періодъ вѣрненскаго землетрясенія длился болѣе, чѣмъ два года: хотя сила первыхъ ударовъ не была чрезвычайно велика, тѣмъ не менѣе общее число сотрясеній не превышаетъ 600; въ сравненіи съ числомъ ударовъ во время землетрясенія въ Фокидѣ, оно ничтожно. Область распространенія вѣрненскаго землетрясенія отличается значительными размѣрами и не уступаетъ самымъ крупнымъ землетрясеніямъ. За крайніе предѣльные пункты этой области можно принять на сѣверѣ Сергіополь, на югѣ — Кашгаръ, на западѣ — Ташкентъ и на востокѣ г. Урумчи; область эта представляетъ форму неправильнаго эллипса, длинная ось котораго располагается согласно простиранію Тянь-Шаня, т. е. идетъ съ юго-запада на сѣверо-востокъ на протяженіи 1500 верстъ; короткая, перпендикулярная къ ней ось тянется на протяженіи 900 верстъ; вся площадь, охваченная землетрясеніемъ, достигаетъ 29,000 кв. географическихъ миль; она замѣтно выдвинута съ сѣвера въ сторону равнины и сжата съ юга. Область же наибольшихъ разрушеній (плейстосейстовая область), относительно, не велика и занимаетъ около 100 кв. географическихъ миль; наиболѣе отчетливыми предѣльными пунктами ея можно было считать: на сѣверѣ — станцію Карасу, на юго-западѣ — Джасыль-Куль, на западѣ — деревню Узунъ-агачъ и на востокѣ — деревню Надеждинскую или Иссыкъ. Въ сѣверной половинѣ области, охваченной землетрясеніемъ, можно отмѣтить узкую полосу въ 5 верстъ шириною и 35 верстъ длиною, гдѣ удары были вертикальны и чувствовались одновременно. Эта полоса, представляющая такъ называемый эпицентръ землетрясенія, лежитъ на сѣверномъ склонѣ Заилійскаго Алатау на высотѣ 5000—6000 футовъ между долинами Каскеленомъ и Аксаемъ съ одной стороны, Березовой и Бесь-булакомъ — съ другой (по *И. В. Мушкетову*).

Перев.

Къ счастью, далеко не всѣ землетрясенія достигаютъ такой страшной силы. Часто въ той или другой мѣстности происходитъ цѣлый рядъ колебаній, которыя сильно пугаютъ жителей и заставляютъ опасаться гибели, но которыя въ сравненіи съ описанными выше катастрофами ничтожны и не приносятъ никакого значительнаго вреда. Къ этой группѣ явленій принадлежитъ цѣлый рядъ дрожаній, которыя происходили въ 1869—1873 гг. въ области средняго Рейна и имѣли своимъ центромъ *Гроссгерау*, недалеко отъ Дармштадта. Первыя сотрясенія были замѣчены 12-го января 1869 г., но до конца октября они были несначительны. Около 30-го октября они усилились, слѣдовали одинъ за другимъ быстрѣе и длились до января 1870 г. Съ тѣхъ поръ сотрясенія стали ослабѣвать, но отдѣльныя колебанія ощущались еще въ 1873 г. Въ моментъ наибольшей напряженности землетресенія толчки былио чень часты; такъ, напр., 31-го октября 1869 г. было насчитано не менѣе 53 ударовъ; впрочемъ, сила ихъ была незначительна, и только 31-го октября и 2-го ноября обвалилось нѣсколько дымовыхъ трубъ.

Землетрясеніе въ *Загребѣ* было гораздо значительнѣе. Предварительныхъ слабыхъ колебаній не замѣчалось. 9-го ноября 1880 г., въ 7 час, 33 мин. 53 сек. утра, произошелъ сильный подземный ударъ, разрушившій и даже ниспровергшій многія зданія. Съ этого момента до 21-го января 1882 г. насчитано 200 сотрясеній, не считая происходившихъ иногда едва замѣтныхъ дрожаній. Съ тѣхъ поръ землетрясенія время отъ времени повторялись.

На ряду съ *періодами* землетрясеній, состоящими изъ ряда значительныхъ ударовъ и охватывающими значительные промежутки времени, наблюдаются случаи, когда вслѣдъ за сильнымъ ударомъ происходитъ въ теченіи ближайшихъ дней или недѣль нѣсколько слабыхъ сотрясеній; они представляютъ какъ бы переходъ къ *отдѣльнымъ землетрясеніямъ*, которыя состоятъ изъ одного или нѣсколькихъ

толчковъ, отдѣленныхъ короткими промежутками. Къ послѣдней группѣ явленій относится землетрясеніе 6-го марта 1872 г. въ средней Германіи, пріобрѣтшее извѣстность, благодаря сочиненію *Зеебаха*. Оно выразилось волнообразнымъ движеніемъ почвы, которое длилось 5—8 секундъ и сопровождалось двумя сильными ударами въ началѣ и въ концѣ его.

Самымъ извѣстнымъ и величественнымъ явленіемъ этого рода была страшная катастрофа, разразившаяся 1-го ноября 1755 г. надъ г. Лиссабономъ. Вниманіе всей Европы было сосредоточено на ней, всѣ умы были потрясены. На ряду съ другими современными извѣстіями однимъ изъ краснорѣчивыхъ описаній этого грознаго явленія служитъ письмо неизвѣстнаго лица, адресованное г. Руфьеру, коммерсанту въ Страссбургѣ и написанное подъ свѣжимъ впечатлѣніемъ катастрофы. Вотъ оно:

„Въ предыдущемъ письмѣ я извѣстилъ уже вашу милость о томъ грозномъ бѣдствіи, которое разразилось надъ городомъ. Да смилуется надъ нами Богъ! Въ настоящемъ письмѣ я намѣренъ сообщить подробности событія. Бѣда стряслась внезапно. Утромъ я провѣрялъ счета нашей конторы и былъ въ кальсонахъ, чулкахъ, туфляхъ и халатѣ. Вдругъ раздался страшный трескъ. Не захвативъ съ собою ни гроша, я выбѣжалъ посмотрѣть, что происходитъ, и вмѣстѣ съ другими благополучно достигъ нашего двора, гдѣ собрался чуть-ли не весь городъ. Всемогущій Боже! Какіе ужасы я увидѣлъ! На цѣлый локоть земля то поднималась вверхъ, то опускалась; дома падали съ страшнымъ трескомъ. Стоявшій надъ нами огромный Кармелитскій монастырь сильно качался изъ стороны въ сторону и каждую минуту грозилъ раздавить насъ. Опасались мы и самой земли, которая могла поглотить насъ живыми. Солнце было омрачено, люди не видѣли другъ друга и были убѣждены, что насталъ послѣдній день страшнаго суда. Это грозное колебаніе почвы длилось болѣе 8 минутъ. Потомъ все ненадолго успокоилось. Въ ночномъ бѣльѣ бѣжали мы на большую площадь, лежащую недалеко отъ насъ. Пробираясь среди разрушенныхъ домовъ и труповъ, мы рисковали сами погибнуть. На площади, гдѣ мы пробыли около трехъ часовъ, собралось болѣе 4000 человѣкъ, одни въ бѣльѣ, другіе совсѣмъ нагіе. Лица были покрыты смертельною блѣдностью, многіе были тяжело ранены; они молили Бога смиловаться надъ ними и испускали тяжелые вопли. Священники, находившіеся среди насъ, дали общее разрѣшеніе отъ грѣховъ: съ вѣрою и мужествомъ принимали мы исповѣдь и только въ ней искали утѣшенія. Вдругъ земля снова затряслась. Она волновалась опять около 8 минутъ. Послѣ этого цѣлый часъ было затишье. Въ это время распространился слухъ, что вода въ морѣ страшно поднялась и что мы погибнемъ, если не будемъ спасаться. Подумайте, ваша милость, сколько мужества требовалось въ эти минуты! Всѣ улицы были загромождены развалинами домовъ... Но съ нѣсколькими друзьями я готовъ былъ на все. Мы пробирались среди камней и труповъ, подвергаясь страшной опасности. Богъ былъ къ намъ милосердъ: черезъ четверть часа мы благополучно достигли широкаго поля... Всемогущій каралъ бѣдствіемъ наши грѣхи; эти дни никогда не изгладятся изъ моей памяти, и съ большимъ рвеніемъ буду служить я Богу!.. Первую ночь провели мы подъ открытымъ небомъ, почти нагіе, лишенные всего необходимаго. У насъ была только одна палатка, которая хоть нѣсколько защищала насъ отъ зимней стужи и дождя... Пути Провидѣнія неисповѣдимы, и милость Божія безпредѣльна... Вечеромъ около 11 часовъ въ разныхъ мѣстахъ показался огонь; что было пощажено землетрясеніемъ, — погибло отъ пожара. Зданія и стѣны, которыя еще кое-какъ держатся, слѣдовало-бы

совсѣмъ разрушить. Для этого нужно стрѣлять въ нихъ съ крѣпости, стоящей посреди города. Если же предоставить работу людямъ, то ветхія зданія упадутъ и убьютъ ихъ... Большой чудный городъ, богатѣйшій въ Европѣ, обладавшій огромнымъ населеніемъ въ 500000 человѣкъ, теперь обратился въ груду камней. Господи, пощади несчастную страну, избавь отъ бѣдствія, которое мы заслужили по грѣхамъ своимъ и которымъ Ты насъ караешь! Дворецъ, гдѣ было такъ много драгоцѣнностей, сгорѣлъ. Наша таможня, въ которой хранилось на милліоны товаровъ, привезенныхъ изъ разныхъ концовъ міра, отчасти тоже сгорѣла, отчасти низверглась въ море вмѣстѣ съ большою площадью. Многіе изъ трехсотъ кораблей, стоявшихъ въ гавани, поднялись съ якорей; одни потонули, другіе сильно повреждены. Голландское судно, капитаномъ котораго состоитъ нѣкто Петръ Роклосъ, было выброшено въ городъ и стояло на сушѣ. Но Премилостивому Богу угодно было сохранить его: нахлынула другая волна, подхватила корабль и, не повредивъ, отнесла въ море. Вѣсъ этого судна 18—20 тысячъ центнеровъ. Даже въ 60 миляхъ отъ города корабли, ѣхавшіе изъ разныхъ странъ, натерпѣлись много страховъ, и удивляюсь, какъ они не погибли. Самъ Его Величество король изволилъ жить среди поля въ палаткѣ, и это подбодряло насъ и облегчало страданія. Большія чудныя церкви, великолѣпнѣе которыхъ нѣтъ и въ самомъ Римѣ, разрушены; погибли всѣ монастыри, и изъ 20000 духовныхъ особъ осталась въ живыхъ только половина. Тысячи людей, погребенныхъ подъ развалинами, напрасно кричали и звали на помощь: никто не слышалъ ихъ, и живыми погибли несчастные въ огнѣ. О, Боже!.. Бѣдствіе слишкомъ велико, и во всѣхъ, кто слѣдуетъ ученію Христа, вызоветъ оно сострадание. Кого не тронутъ эти ужасы, тотъ не христіанинъ, тотъ— не человѣкъ! Если-бы нашъ король не соизволилъ придти къ намъ на помощь съ истинно отеческимъ попеченіемъ, мы погибли-бы отъ голода. Щедро надѣляетъ онъ насъ хлѣбомъ и мясомъ, и проливаетъ слезы, также, какъ и мы, его несчастные подданные; онъ дѣлитъ съ нами горести. Боже, сохрани его и всю царственную семью! Онъ относится къ намъ, какъ любвеобильный отецъ, онъ наша отрада и утѣшеніе! Благослови его, Господи! Во всемъ городѣ нельзя купить кусокъ хлѣба, чтобы утолить голодъ и найти лоскутъ ткани, чтобы скрыть наготу. Это бѣдствіе повлечетъ за собою печальныя послѣдствія: богатѣйшіе дома на сѣверѣ могутъ разориться. Отврати, Господи, эту бѣду! Изъ Кадикса пришла вѣсть, что и тамъ творятся такіе же ужасы. Ваша милость, вы видите, что мы переживаемъ! Два города въ Европѣ понесутъ огромные убытки въ торговлѣ. Изъ Гибралтара сообщаютъ, что всѣ укрѣпленія тамъ разрушены. Вся Испанія пострадала, хотя меньше, чѣмъ мы, въ Алгабріи же бѣдствія еще ужаснѣе. Лиссабонъ, 18 ноября 1755 г.“.

Не менѣе ужасны были послѣдствія недавняго землетрясенія въ *Казамиччьолѣ* на островѣ Исхіи. О началѣ этой катастрофы сообщаетъ фонъ *Ратъ*. „Землетрясеніе 4 марта 1881 г. произошло въ 1 часъ 5 минутъ пополудни и чувствовалось не только въ одной Исхіи, но и на Виварѣ и Вентотене. О томъ какъ отразилось оно на ближайшихъ частяхъ материка, не имѣется никакихъ свѣдѣній. Площадь, охваченная разрушеніемъ, обладаетъ овальною формою: посрединѣ можно отмѣтить эллипсъ, гдѣ опустошенія достигали наибольшей силы. Этотъ эллипсъ вытянутъ съ востока къ западу, обладаетъ длинною осью въ 1900 м. и короткою въ 550 м. Деревня Казамиччьола почти цѣликомъ располагается въ восточной половинѣ этого овала. На внѣшнемъ эллипсѣ, достигающемъ $2^1/_2$ км. въ ширину и $3^1/_2$ км. въ длину, гибельныя послѣдствія отразились слабѣе, зданія дали трещины, но не разрушились вполнѣ.

Во внутреннемъ же овалѣ землетрясеніе достигало страшной силы. Опустошенія явились слѣдствіемъ вертикальнаго удара, который произошелъ вдругъ, безъ всякихъ предшественниковъ. Зданія построены здѣсь изъ рыхлыхъ туфовъ Монте Эпомео и обладаютъ плоскими крышами; послѣднія рушились въ мгновеніе и погребли въ своихъ развалинахъ все живое. Случись эта катастрофа ночью,—и жители деревни погибли бы почти всѣ до одного. Но и безъ того число жертвъ было велико: 118 убитыхъ и 70 тяжело раненыхъ, изъ числа которыхъ многіе умерли. Землетрясеніе замѣчательно мгновенностью разрушеній, которыя оно произвело. Во время другихъ подобныхъ катастрофъ жители успѣвали бѣжать на поля и спасались. Не то было 4 марта въ Казамиччьолѣ: люди были убиты на томъ мѣстѣ, гдѣ они стояли или сидѣли. Въ сопровожденіи инженеровъ, руководившихъ раскопкою труповъ и убираніемъ мусора, бродилъ я среди развалинъ. Четыреугольные косяки воротъ въ виллѣ Барбарези, поднимавшіеся на $1^1/_2$ м. надъ стѣнами сада, наглядно свидѣтельствовали о страшной силѣ подземнаго удара. На высотѣ стѣны оба косяка дали горизонтальныя трещины; у одного верхняя половина была нѣсколько повернута, а у другого раздробилась на части и обвалилась. Всюду находили мы слѣды страшныхъ опустошеній. Церковь Пургаторіо разрушилась. Старѣйшіе дома представляли груды обломковъ или ветхія развалины, грозившія паденіемъ. Причиною разрушенія былъ дурной способъ постройки этихъ зданій: новые лучше построенные дома, — обѣ казармы и Отель Бель-вю, испытали только незначительныя поврежденія".

Значительно сильнѣе и ужаснѣе по своимъ послѣдствіямъ было послѣднее землетрясеніе на Исхіи 28 іюля 1883 года (рис. 221). Во время катастрофы 1881 г. было уничтожено около четверти домовъ въ Казамиччьолѣ. Теперь сохранилось здѣсь только одно зданіе, но кромѣ того, много другихъ мѣстечекъ,—Лакко, Форіо, Панца, Фонтана и др., пострадали въ такой же степени. Только главный городъ Исхіи носилъ менѣе гибельныхъ послѣдствій. Изъ 6616 домовъ острова, за исключеніемъ только города Исхіи, обрушилось 2278, повреждено 3616, и сохранилось только 722. Число убитыхъ по оффиціальнымъ свѣдѣніямъ достигаетъ 2313, ранено 762. По тѣмъ же извѣстіямъ, которыя пришли съ острова въ первые моменты разрушенія, погибло 5000 человѣкъ и 6000 — 7000 ранено. Число жертвъ чрезвычайно велико, и причина этого кроется въ томъ, что ударъ произошелъ ночью, когда все населеніе острова и больные, пріѣхавшіе сюда для купаній, находились въ домахъ.

Въ противоположность землетрясенію 1881 г., которое случилось внезапно, главный ударъ въ 1883 году имѣлъ предвозвѣстниковъ: за недѣлю чувствовались легкія сотрясенія, и на Монте Чито, вблизи Казамиччьолы слабыя фумаролы значительно усилили свою дѣятельность, а температура горячихъ ключей въ самой Казамиччьолѣ повысилась. Указывали еще, что ключи выдѣляли воды больше, чѣмъ когда бы то ни было, но этому факту врядъ ли можно придавать значеніе. Вслѣдъ за слабымъ сотрясеніемъ и подземнымъ шумомъ послѣдовалъ главный ударъ въ 9 часовъ 25 минутъ вечера 28 іюля. Онъ отличался чрезвычайною силою, былъ направленъ снизу вверхъ и сопровождался подземнымъ грохотомъ. Всѣ предметы подпрыгнули высоко въ воздухъ. Разрушительное дѣйствіе удара закончилось въ мгновеніе. Послѣ этого въ теченіе 15—20 секундъ происходили слабыя волнообразныя колебанія почвы, а потомъ земля успокоилась. Съ $9^1/_2$ часовъ вечера до полуночи наблюдалось 6 различныхъ движеній, а съ полуночи до утра 28 іюля—еще 15. Къ востоку отъ Казамиччьолы по направленію къ Кастильоне, появились 29 іюля много-

численныя фумаролы, изъ земли струями выдѣлялся паръ. 3 августа чувствовался опять сильный ударъ, въ теченіи же августа и сентября произошло еще 30 сотрясеній. Землетрясеніе охватывало нѣсколько большую площадь, чѣмъ въ 1881 г. Оно распространилось на весь островъ, но на материкѣ не было замѣтно и слабыхъ колебаній. Чрезвычайно чувствительные приборы извѣстной обсерваторіи на Везувіи оставались спокойны, но въ болѣе отдаленныхъ мѣстахъ въ Римѣ, Веллетри, Флоренціи и Фермо сейсмографы отмѣтили слабыя дрожанія.

О причинахъ землетрясенія въ Казамиччьолѣ писалось много. Мнѣнія по этому вопросу раздѣлились, также, какъ и по вопросу о дальнѣйшей судьбѣ разсма-

Рис. 221. Дома, обрушившіеся въ Казамиччьолѣ во время землетрясенія 1883 года. (Съ фотографіи.)

триваемой мѣстности. *Пальміери*, знаменитый изслѣдователь Везувія, считалъ причиною катастрофы обвалъ подземныхъ пустотъ. Образованіе послѣднихъ онъ приписывалъ нераціональной разработкѣ залежей глины, которыя подъ Казамиччьолой были совершенно истощены. Кромѣ того, вмѣстѣ съ Лазо онъ думалъ, что появленію подземныхъ пустотъ способствовали также горячіе ключи. Доказательство этого онъ видѣлъ въ незначительномъ распространеніи землетрясенія и въ внезапности главныхъ ударовъ, что никогда не наблюдалось при другихъ землетрясеніяхъ. Но противъ такого объясненія говоритъ цѣлый рядъ явленій: повышеніе температуры ключей, усиленіе дѣятельности фумаролъ и наконецъ, нагрѣваніе почвы, которая, по наблюденіямъ капитана Серпіери, была мѣстами до того горяча, что на глубинѣ одного фута ниже поверхности нельзя было прикоснуться, — все это остается необъяснимымъ; съ другой стороны и изслѣдованіе оставленныхъ разработокъ глины,

произведенное *Балдаччи* въ концѣ августа, показало, что внутри нихъ не происходило никакого обвала,—по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ частяхъ, которыя были доступны для наблюденія. Эти глиняныя разработки не представляютъ сколько-нибудь обширныхъ подземныхъ пустотъ; онѣ извиваются въ видѣ узкихъ и неправильныхъ ходовъ, которые врядъ-ли могутъ обрушиться. Всего вѣроятнѣе, что съ теченіемъ времени эти ходы замкнутся сами собой, благодаря пластичности глины.

Съ другой стороны *де-Росси*, *Серпіери* и *Зюссъ* показали, что ни внезапность подземныхъ ударовъ, ни относительная ограниченность пострадавшей мѣстности не представляютъ ничего особеннаго: такія землетрясенія происходятъ обыкновенно въ странахъ съ дѣйствующими или потухшими вулканами. Въ Вультурѣ у Мельфи, въ Альбанскихъ горахъ близъ Рима и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстностяхъ бывали землетрясенія, также охватывавшія незначительную площадь. Но особенное сходство съ землетрясеніемъ на Исхіи представляютъ стремительные взрывы сейсмической дѣятельности, происходившіе 24 мая 1890 года на юго-восточномъ концѣ вулканическаго острова Пантеллярія (стр. 193). Не смотря на свою силу, сотрясенія чувствовались только въ непосредственной близи указаннаго мѣста. Въ мѣстечкѣ Пантеллярія, на противоположномъ концѣ острова, длина котораго всего лишь 13 км., все было спокойно. Древнее дно кратера нагрѣлось до такой степени, что вся растительность погибла, фумаролы сильно повысили свою дѣятельность, берегъ немного приподнялся. Всѣ эти явленія повторились въ октябрѣ слѣдующаго года. Вновь пробудившіяся вулканическія силы, произведшія землетрясеніе въ предыдущемъ году, выразились, наконецъ, въ октябрѣ 1890 года подводнымъ изверженіемъ близъ Пантелляріи.

Рис. 222. Карта острова Исхіи. А—В, С—Д — направленія трещинъ.

Почва Исхіи также носитъ вулканическій характеръ (ср. стр. 183), и въ историческое время здѣсь также неоднократно изливалась лава. Послѣднее изверженіе происходило въ 1302 году. Весь островъ состоитъ изъ туфовъ и лавъ, и даже глины этой мѣстности произошли вслѣдствіи разрушенія рыхлыхъ вулканическихъ породъ. На основаніи изслѣдованія горячихъ ключей, газовъ, выдѣляющихся изъ-подъ земли и фумаролъ, Балдаччи пришелъ къ заключенію, что островъ прорѣзанъ двумя трещинами, пересѣкающимися у Казамиччьолы, т.-е. какъ разъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ располагается эпицентръ послѣдняго землетрясенія (рис. 222). Когда существованіе этихъ границъ было несомнѣнно доказано *Меркалли*, то стало несомнѣннымъ, что *землетрясенія на Исхіи носили вулканическій характеръ* и были вызваны движеніемъ расплавленной массы въ глубинахъ.

Къ сожалѣнію выводы, которые можно сдѣлать отсюда о будущности острова, далеко не утѣшительны. Какъ уже мы говорили, послѣднее изверженіе происходило на Исхіи въ 1302 году. Съ тѣхъ поръ въ теченіи долгаго времени почти

вовсе не бывало здѣсь сильныхъ опустошительныхъ землетрясеній. Болѣе или менѣе значительное землетрясеніе произошло въ прошломъ столѣтіи; еще сильнѣе было землетрясеніе въ 1812 году. Съ тѣхъ поръ насчитываютъ 15 значительныхъ ударовъ, которые происходили въ разное время и за которыми, наконецъ, послѣдовали катастрофы 1881 и 1883 года, превзошедшія своею силою всѣ землетрясенія этой мѣстности. Невольно напрашивается сравненіе съ тѣми землетрясеніями, которыя происходили въ окрестностяхъ Везувія, разрушили въ 63 году часть Помпеи и закончились въ 79 году страшнымъ взрывомъ дѣятельности вулкана. Исхія принадлежитъ къ области Флегрейскихъ полей, гдѣ нѣтъ постоянныхъ центровъ изверженія и гдѣ то тамъ, то здѣсь раскрываются новые кратеры; они даютъ одно или нѣсколько изверженій, но черезъ большіе промежутки времени. Послѣдними проявленіями вулканической дѣятельности Флегрейскихъ полей были изверженія Сольфатары въ 1198 г., Исхіи — 1302 г., Монте-Нуово—въ 1538 году. Естественно предположить, что мы стоимъ наканунѣ новаго грознаго изверженія, которое случится или на самой Исхіи, или, въ лучшемъ случаѣ, вблизи нея, на днѣ моря. Но это произойдетъ во всякомъ случаѣ не скоро, и очень можетъ быть, движеніе вулканическихъ массъ затихнетъ прежде, чѣмъ образуется новая огнедышащая гора. Нѣтъ основанія предполагать, что изверженіе на Исхіи разразится въ то время, когда дѣйствуетъ еще Везувій: по крайней мѣрѣ, извѣстно, что изверженія Флегрейскихъ полей совпадаютъ съ перерывами въ дѣятельности Везувія.

Области землетрясеній.

Землетрясенія въ Казамиччьолѣ, охватывавшія незначительную площадь, принадлежатъ къ числу рѣдкихъ явленій. Обыкновенно землетрясенія *распространяются на огромныя пространства.* Наиболѣе извѣстнымъ примѣромъ послѣдняго рода можетъ служить *лиссабонское* землетрясеніе, охватившее площадь въ 700,000 географическихъ миль, т.-е. приблизительно $^1/_{13}$ часть всей земной поверхности. Впрочемъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ этой обширной области замѣчалось только усиленное волненіе у береговъ. Какъ было упомянуто выше (стр. 314), лиссабонское землетрясеніе сопровождалось страшной волной, которая была вызвана подземнымъ ударомъ и распространилась на весь Атлантическій океанъ. Волненіе замѣчалось у западныхъ береговъ Южной Америки, у Австраліи и Японіи и достигало границы плавающихъ льдовъ Южнаго Ледовитаго океана. Но область, охваченная землетрясеніемъ, была значительно меньше. Если включить мѣстности, гдѣ непосредственно наблюдались сотрясенія, и предположить, что они распространялись на небольшую часть дна Атлантическаго океана, то площадь лиссабонскаго землетрясенія будетъ равна 100,000 кв. миль и даже, можетъ быть, 300,000 кв. миль (см. карту на рис. 223). Область сильнаго разрушенія простиралась на югъ до Могадора, на берегу Марокко и охватывала значительную часть Пиренейскаго полуострова. Почти вся Португалія была опустошена, сильно пострадали Севилья, Кадиксъ, Хересъ, Мадритъ и др. города. Единичныя сообщенія о разрушительныхъ послѣдствіяхъ землетрясенія въ Англіи не заслуживаютъ вниманія. Крайними предѣлами распространенія землетрясенія является островъ Мадейра и Канъ — самая сѣверная изъ пострадавшихъ во Франціи мѣстностей. У Корка въ Ирландіи происходили, кажется, несомнѣнныя и

далеко не слабыя сотрясенія; это подтверждаетъ, что землетрясеніе распространялось главнымъ образомъ съ сѣвера на югъ. Существуетъ сообщеніе о сотрясеніяхъ почвы во многихъ мѣстахъ Голландіи, въ Гамбургѣ, Гольштиніи и Даніи, но относиться къ нимъ съ полнымъ довѣріемъ невозможно; они исходятъ изъ источника, о которомъ такой осторожный изслѣдователь, какъ *Гоффъ*, выразился не безъ основанія, что въ немъ разсказываются только чудеса. Въ Южной Германіи подземные удары чувство-

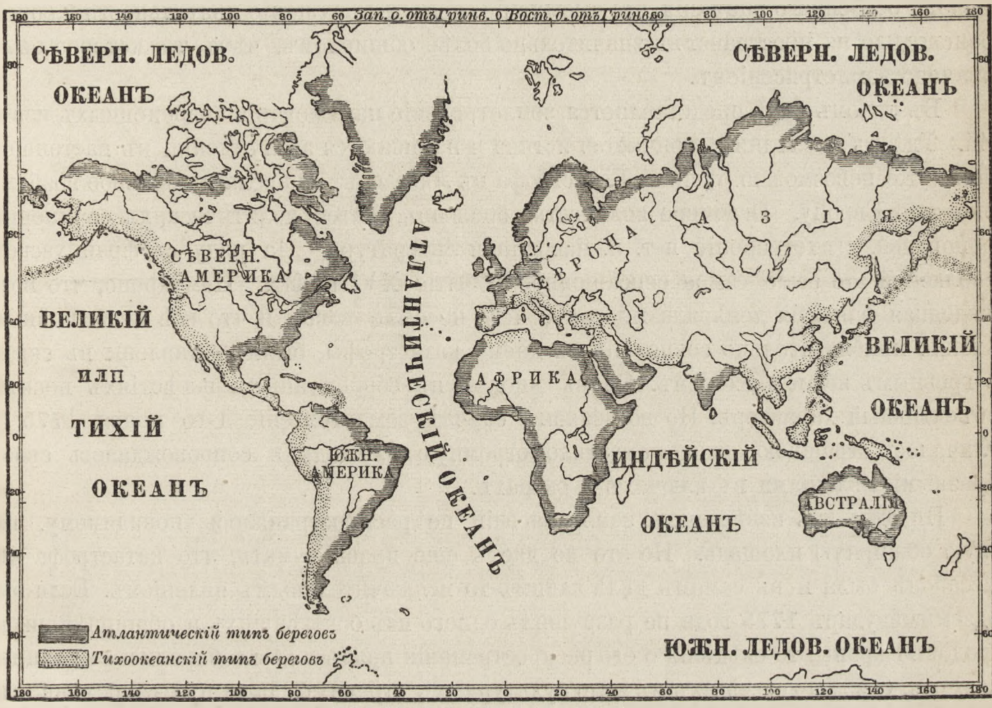


Рис. 223. Географическое распространеніе шума при изверженіи Кракатау, землетрясенія въ Лиссабонѣ и др.

I. Распространеніе землетрясенія въ Лиссабонѣ 1 ноября 1755 г. — II. Распространеніе землетрясенія въ юго-восточномъ углу Средиземнаго моря 24 іюня 1870 г. (ср. 321 стр.). — III. Распространеніе шума при изверженіи Темборо на Сумбавѣ (ср. 247 стр.).—IV. Распространеніе пепла, выброшеннаго вулканомъ Консегвина (ср. 267 стр.).— V. Распространеніе шума при изверженіи Кракатау (ср. стр. 242).—VI. Распространеніе землетрясенія въ Бенгальскомъ заливѣ 31 декабря 1881 г.—VII. Распространеніе землетрясенія въ Чарльстонѣ 1886 г. (ср. 320 стр.).—VIII. Распространеніе землетрясенія въ Вѣрномъ 1887 г. (ср. 312 стр.).

вались въ Каштадтѣ, Аугсбургѣ и Донаувёртѣ, въ Швейцаріи — въ Базелѣ и особенно въ Бриггѣ въ Валлисѣ. Въ Италіи слѣдуетъ указать на Туринъ и Миланъ, на болѣе же южныхъ мѣстностяхъ землетрясеніе не отразилось.

Наиболѣе поразительною особенностью лиссабонскаго землетрясенія является его *дѣйствіе на озера, пруды и ключи*. Извѣстія, полученныя изъ Шотландской горной страны, Англіи, Бранденбургской Марки, южной Швеціи, верхней Баваріи, Швейцаріи и Италіи, вполнѣ согласуются другъ съ другомъ. Всѣ они единогласно свидѣтельствуютъ, что поверхность озеръ безъ всякихъ ощущаемыхъ причинъ пришла въ волнообразное движеніе*). Многіе ключи помутились, изсякли, текли сильнѣе или слабѣе или измѣнили свою температуру. О горячихъ ключахъ Теплица *Гоффъ*

*) Очень можетъ быть, что многіе случаи изсяканія водъ, происшедшія совершенно случайно, были, по полученіи извѣстій изъ Лиссабона, связаны съ происшедшимъ тамъ землетрясеніемъ. Не оставлялись ли въ другихъ случаяхъ подобныя же явленія безъ вниманія?

сообщаетъ слѣдующее: „1 ноября 1755 года въ день лиссабонскаго землетрясенія, между 11 и 12 часами, главный ключъ выбросилъ такія огромныя количества воды, что въ какіе-нибудь полчаса всѣ купальни были затоплены. Получасомъ раньше вода ключей стала грязной. Въ теченіе минуты послѣ этого обильнаго изліянія воды, ключъ какъ бы изсякъ и затѣмъ съ новою силою выбросилъ огромныя количества красноватой охры. Послѣ этого ключъ успокоился, и вода его просвѣтлѣла". Заслуживаетъ особеннаго вниманія, что высыханіе озеръ и нарушеніе дѣятельности ключей происходило на пространствѣ значительно болѣе обширномъ, чѣмъ то, которое было охвачено землетрясеніемъ.

Въ такомъ видѣ представляется землетрясеніе на основаніи современныхъ извѣстій. Гдѣ въ послѣднихъ кончается истина и начинаются заблужденія, въ настоящее время уже невозможно рѣшить. Катастрофа въ Лиссабонѣ привела въ сильное возбужденіе всю Европу. Огромное количество брошюръ, статей политическихъ сочиненій, проповѣдей, стихотвореній и т. п. наводнили литературу. На ряду съ французской революціей это было самое сенсаціонное событіе XVIII вѣка. Немудрено, что возбужденная фантазія довѣряла многому, чего не было вовсе, и что всѣ необычайныя явленія, приблизительно совпавшія съ днемъ катастрофы, были поставлены въ связь съ грознымъ землетрясеніемъ. Очень многое въ современныхъ извѣстіяхъ носитъ субъективный характеръ. Но во всякомъ случаѣ землетрясеніе 1-го нояря 1775 г. отличалось страшною силою, охватило огромную площадь и сопровождалось своеобразными явленіями въ ключахъ и озерахъ.

Ни одно изъ извѣстныхъ землетрясеній не распространялось, повидимому, на такую обширную площадь. Но это не даетъ еще права думать, что катастрофа въ Лиссабонѣ была и въ самомъ дѣлѣ какимъ-то исключительнымъ явленіемъ. Если бы подземный ударъ 1775 года не разрушилъ одного изъ богатѣйшихъ и обширнѣйшихъ городовъ Европы, то свѣдѣнія о его распространеніи врядъ-ли бы собирались съ такимъ рвеніемъ. О землетрясеніяхъ въ мало культурныхъ странахъ, даже при современномъ развитіи международныхъ отношеній, извѣстія получаются съ трудомъ и не отличаются полнотою, и тѣмъ не менѣе мы знаемъ немало землетрясеній, которыя чувствовались на чрезвычайно огромныхъ пространствахъ. *Чилійское* землетрясеніе 1822 г. сопровождавшееся поднятіемъ берега и потому возбудившее особый интересъ, ощущалось въ мѣстностяхъ, отдаленныхъ другъ отъ друга приблизительно на 400 геогр. миль. Нѣкоторыя другія землетрясенія, происходившія въ Южной Америкѣ, охватывали, быть можетъ, не менѣе обширную площадь. Землетрясеніе въ *Чарльстонѣ*, въ Южной Каролинѣ въ 1886 г. распространилось на протяженіи $4^1/_2$—5 милліоновъ кв. кил. (см. карту на рис. 223). Изъ числа землетрясеній, происходившихъ вблизи Европы, охватывали чрезвычайно большую площадь землетрясенія въ юго восточной части Средиземнаго моря, на сѣверѣ Краснаго моря и въ прилежащихъ къ нему странахъ. 24 іюня 1870 года произошло сильное землетрясеніе, распространившееся на Аравію, Египетъ, Италію, Грецію, Малую Азію и Сирію. У восточнаго берега Краснаго моря оно простиралось до Адена. Крайними предѣлами, которыхъ оно достигло, были: Неаполь и Урбино въ Италіи, Аѳины, Дарданеллы, о. Лесбосъ, Смирна и Бейрутъ въ Сиріи (см. карту на рис. 223). Но *Ю. Шмидтъ* думаетъ, что площадь, охваченная землетрясеніемъ, оказалась бы значительно больше, если бы мы имѣли о немъ болѣе богатыя и полныя свѣдѣнія. Любопытно, что 12 октября 1836 г. произошло землетрясеніе, распространившееся на ту же площадь. Удары въ обоихъ случаяхъ отличались страшною си-

лою. Иной характеръ носило землетрясеніе 24 іюня 1870 г., которое, хотя и было сильнымъ, но не отличалось особенно гибельными послѣдствіями. Не смотря на это оно охватывало большую площадь. Отсюда видно, что между напряженіемъ подземныхъ ударовъ и ихъ распространеніемъ не существуетъ никакой связи. Страшныя землетрясенія, случившіяся пять недѣль спустя въ Фокидѣ (см. стр. 306), распространялись не болѣе, какъ на 2500 кв. миль. Грозное землетрясеніе 4 марта 1880 г. въ *Казамиччьолѣ,* чувствовалось только на Исхіи, а землетрясеніе въ *Средней Германіи* въ 1872 году, не обвалившее, быть можетъ, и пары кирпичей, охватило площадь въ 3100 кв. миль. Точно также не существуетъ опредѣленной зависимости между величиною области, гдѣ землетрясеніе носитъ опустошительный характеръ (плейстосейстовою областью) и площадью общаго его распространенія. Великое *Калабрійское* землетрясеніе 1783 года все ниспровергло на протяженіи $5^1/_2$ кв. миль и погубило 20,000 человѣкъ, но область, охваченная имъ, была довольно ограничена. Съ другой стороны, землетрясеніе 1873 г. въ Беллуно произвело разрушенія только на протяженіи 1 кв. мили, въ общемъ же охватило площадь на 45 тысячъ кв. миль.

Говоря о распространеніи землетрясеній, мы имѣли въ виду тѣ колебанія почвы, которыя при благопріятныхъ условіяхъ непосредственно наблюдаются и ощущаются людьми. Но въ иномъ свѣтѣ представится вопросъ, если мы примемъ въ расчетъ и тѣ *слабыя дрожанія,* которыя отмѣчаются чувствительными приборами, такъ называемыми *сейсмометрами.* Послѣдними пользуются при наблюденіяхъ пока только въ Италіи и Японіи, но если пользованіе ими расширится, то удастся прослѣдить распространеніе землетрясеній на значительно большемъ пространствѣ, какъ это было сдѣлано во время землетрясеній въ *Загребѣ* въ 1880 году и въ *Андалузіи* въ 1884 году. Подземные удары хорватскаго землетрясенія распространялись до Италіи, но ощущались жителями только на крайнемъ сѣверо-востокѣ, въ Венеціи, Удине, и Падуѣ. Въ наиболѣе удаленныхъ мѣстахъ этой страны, какъ, напр., въ Болоньи, движенія почвы почти не чувствовались, а по ту сторону Аппенинъ почва, повидимому, была совсѣмъ спокойна. Но чувствительные приборы, поставленные въ Рокка ди Папа въ Альбанскихъ горахъ, къ югу отъ Рима и въ Неаполѣ, отмѣтили всѣ наиболѣе сильныя удары, происходившіе въ Загребѣ. То же самое наблюдалось и во время землетрясеніе въ Андалузіи. Сейсмографы отмѣтили колебанія почвы далеко за предѣлами той области, гдѣ непосредственно чувствовались сотрясенія, — именно: въ Римѣ, Веллетри и Монкаліери.

Но несмотря на свою чувствительность, сейсмометры отмѣчаютъ далеко не всѣ слабые удары. По точности показаній они далеко уступаютъ многимъ астрономическимъ приборамъ, на которыхъ отражаются самыя незначительныя сотрясенія. Подобныя наблюденія извѣстны уже съ давнихъ временъ: такъ, напр., Аргеландеръ въ 1849 г и астрономы Пулковской обсерваторіи въ шестидесятыхъ годахъ отмѣтили слабыя сотрясенія; въ послѣднемъ случаѣ дрожаніе земли было признано отраженіемъ большого южно-американскаго землетрясенія. Во время упомянутаго выше андалузскаго землетрясенія пришли въ возбужденіе магнитные приборы въ обсерваторіяхъ Вильгельмсгафена, Лиссабона и Гринвича. Точно также землетрясеніе 1877 года въ Лигуріи было отмѣчено астрономическими и магнитными приборами въ Парижѣ, Кельнѣ, Брюсселѣ, Гринвичѣ, Вѣнѣ и Лиссабонѣ. Въ концѣ землетрясеній въ *Патрасѣ,* въ Греціи 26 августа 1889 кода, *Кюстнеръ* въ Берлинской обсерваторіи наблюдалъ колебаніе пузырька въ нивеллирѣ. То же замѣчалось въ Берлинѣ и

послѣ большого *японскаго* землетрясенія 27 октября 1891 года. Но всѣ эти наблюденія были случайны. Въ послѣднее время во многихъ мѣстахъ ведутся систематическія наблюденія надъ *горизонтальнымъ маятникомъ,* простымъ, но чрезвычайно чувствительнымъ приборомъ. При легкомъ сотрясеніи земли онъ приходитъ въ колебательное движеніе и автоматически отмѣчаетъ его на непрерывно движущемся листѣ фотографической бумаги. Такіе маятники установлены въ Вильгельмсгафенѣ, въ Потстдамѣ, въ Пуэрто Оратава на Тенерифѣ, въ Страссбургѣ и у насъ въ Николаевѣ, главнымъ образомъ съ тою цѣлью, чтобы отмѣтить колебанія отвѣсной линіи и нарушеніе земной тяжести. Эти приборы отмѣчаютъ цѣлый рядъ дрожаній и въ большинствѣ случаевъ одновременно въ разныхъ мѣстахъ, какъ, напр., въ Страссбургѣ и въ Николаевѣ. Такія слабыя землетрясенія являются, повидимому, слѣдствіемъ отдаленныхъ землетрясеній.

Нѣкоторыя изъ замѣченныхъ дрожаній соотвѣтствовали землетрясенію въ *Токіо*, 18 апрѣля 1889 года. Разстояніе въ 9,000 км., отдѣлявшее эту мѣстность отъ Берлина, было пройдено сейсмическою волною въ 64 минуты; средняя скорость ея распространенія была $2^1/_3$ км. въ секунду. Горизонтальный маятникъ отмѣтилъ также волны *Вѣрненскаго* землетрясенія 11 іюля 1887 года, и землетрясеніе въ *Патрасѣ,* 25 августа того же года. Первое землетрясеніе произвело также нарушеніе въ показаніяхъ магнитографовъ Павловска и колебаніе уровня въ Берлинской обсерваторіи. Если руководствоваться показаніями горизонтальнаго маятника, то скорость сейсмической волны въ этомъ случаѣ достигаетъ 5 км. въ секунду; если же основываться на данныхъ Павловской и Берлинской обсерваторій, то скорость эта равняется 3,5 км. къ этой цифрѣ близка скорость распространенія землетрясенія въ Патрасѣ, достигающая 3 км. въ секунду. Землетрясеніе въ *Малатіи* въ Малой Азіи, 9 февраля 1893 года, было не только отмѣчено горизонтальнымъ маятникомъ въ Страссбургѣ и Николаевѣ, но также магнитными фотограммами въ Потстдамѣ. Землетрясенію въ *Кумамото* на Кіу-Шіу (въ Японіи), 28 іюля 1889 года, соотвѣтствуютъ два показанія: предполагаютъ, что первое изъ нихъ относится къ наиболѣе короткой волнѣ, второе—къ наиболѣе длинной, которая достигла Европы, пройдя западное полушаріе. Скорость распространенія въ этомъ случаѣ—2,2—3,3 км. въ секунду. Кромѣ приведенныхъ примѣровъ наблюдалось еще нѣсколько колебаній горизонтальнаго маятника, которыя съ большимъ или меньшимъ вѣроятіемъ можно поставить въ связь съ землетрясеніями.

Подобныя наблюденія имѣютъ чрезвычайно важное значеніе, но, къ сожалѣнію, они находятся въ зачаткѣ, и точные результаты возможны лишь въ томъ случаѣ, когда такія наблюденія будутъ производиться въ разныхъ мѣстахъ земли. По всему вѣроятію сильные подземные удары распространяются *на протяженіи всей земной поверхности*, и вызванныя ими сейсмическія волны движутся со скоростью 2,2—5 км. въ секунду.

Дѣйствія землетрясеній въ предѣлахъ охваченной ими области бываютъ неравномѣрны: изъ двухъ сосѣднихъ мѣстъ часто одно испытываетъ сильныя сотрясенія, другое — слабыя или даже совсѣмъ остается спокойнымъ. Въ Южной Америкѣ, гдѣ землетрясенія происходятъ очень часто, нѣкоторыя мѣстности или совсѣмъ не затрогиваются ими, или же потрясаются въ слабой степени; они представляютъ такъ называемые *„мосты землетрясеній“*. Всего сильнѣе и разрушительнѣе бываютъ удары тамъ, гдѣ на твердомъ основаніи лежитъ незначительная толща рыхлыхъ породъ: третичныхъ, дилювіальныхъ, или новѣйшихъ глинъ, песковъ и галечныхъ отложеній. Если бы мы насыпали песку на крышку рояля, то вслѣдствіе дрожанія послѣдней во время игры

Исторія земли. I.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

песчинки стали бы подпрыгивать высоко вверхъ; то же самое происходитъ и съ этими рыхлыми массами. Вслѣдствіи движенія подстилающей ихъ твердой породы онѣ испытываютъ сильныя сотрясенія, и въ такихъ мѣстахъ послѣдствія землетрясенія бываютъ особенно разрушительны. Если среди рыхлыхъ новѣйшихъ отложеній выдвигается куполъ древней породы, то онъ остается сравнительно спокойнымъ, и во время самыхъ сильныхъ землетрясеній образуетъ спокойный оазисъ, — то, что въ Южной Америкѣ зовутъ мостомъ. Цѣлый рядъ другихъ условій вліяетъ также на распространеніе сейсмической волны. Такъ напр., сила послѣдней должна быть не одинакова по простиранію и паденію пластовъ; возможно даже предположить, что простираніе и паденіе опредѣляютъ направленіе колебаній и, какъ старался доказать А. Шмидтъ, вызываютъ нѣчто въ родѣ двойного лучепреломленія волны. Трещины, преграждающія волнѣ путь, ослабляютъ ее, а горы иногда останавливаютъ совсѣмъ, или, какъ это доказывалъ остроумно *Маллетъ,* сейсмическія волны отражаются отъ горнаго хребта, подобно лучамъ, падающимъ на зеркало.

Сила и распространеніе землетрясеній находятся въ *существенной зависимости* отъ геологическаго строенія мѣстности. Обширныя равнины, образованныя мощными пластами осадочныхъ породъ, каковы сѣверо-германская низменность, Русская равнина и Сибирская низменность всего менѣе благопріятствуютъ землетрясеніямъ, которыя случаются тамъ рѣдко и появляются въ слабой формѣ. Массивныя горы также мало подвержены землетрясеніямъ. Наоборотъ, складчатыя горы и равнины, располагающіяся у ихъ крутыхъ обрывовъ, мѣстности, прилегающія къ внутреннимъ морямъ, особенно къ такимъ, которыя съ одной стороны покрыты рядомъ острововъ, страдаютъ отъ сильныхъ землетрясеній. Кромѣ сѣверо-германской низменности, Русской равнины и сѣверныхъ частей Сибири, землетрясенія происходятъ весьма рѣдко, въ Германіи, къ сѣверу отъ Альпъ, въ большей части Франціи, въ Англіи, въ Швеціи и Норвегіи, въ Бразиліи и въ большей части Африки, къ югу отъ Сахары. Въ Европѣ особенно часто бываютъ землетрясенія въ Альпахъ. Побережье Средиземнаго моря, сѣверная Африка, Пиренейскій полуостровъ, Италія, Балканскій полуостровъ, Малая Азія, Сирія, Кавказъ, Арменія и Персія, Туркестанъ подвержены также частымъ и сильнымъ землетрясеніямъ *). Но всего чаще и сильнѣе землетрясенія бываютъ въ центральной Америкѣ. Восточно-азіатскіе острова и всѣ острова, расположенные между старымъ и новымъ свѣтомъ, подвержены землетрясеніямъ въ той же степени, какъ и перечисленныя выше мѣстности. Лиссабонское землетрясеніе, во время

---

*) Землетрясенія въ *Россіи* принадлежатъ къ числу чрезвычайно частыхъ, ежегодно повторяющихся явленій. Какъ видно уже изъ вышеприведеннаго перечня, наши сейсмическія области располагаются на окраинахъ, главнымъ образомъ на Кавказѣ, въ Туркестанѣ и около озера Байкала.

Наибольшей напряженности достигаютъ землетрясенія на *Кавказѣ.* Многія изъ нихъ, благодаря грознымъ и опустошительнымъ послѣдствіямъ, пользуются большою извѣстностью. Такъ напр., во время землетрясенія въ *Эрзерумѣ* 21 мая 1859 г. 1800 домовъ разрушено совсѣмъ, 1200—до половины, 1200—сильно повреждены; число убитыхъ достигаетъ 600. Городъ *Шемаха,* гдѣ землетрясенія почвы повторяются приблизительно черезъ каждыя 3—10 лѣтъ, былъ разрушаемъ неоднократно (наиболѣе извѣстныя землетрясенія происходили въ 1859 г. 30 мая и 1872 г. 16 января). Одно изъ послѣднихъ грозныхъ землетрясеній происходило въ *Ванѣ* и сопровождалось разрушеніемъ сел. Тегутъ, гдѣ упавшіе дома (числомъ 180) погребли подъ развалинами многихъ жителей (болѣе 100). Наконецъ, значительной силы достигаютъ и *Араратскія* землетрясенія (одно изъ важнѣйшихъ происходило въ 1840 г.).

Землетрясенія въ *Туркестанѣ* извѣстны съ давнихъ временъ; въ общемъ количество ихъ меньше, чѣмъ на Кавказѣ, и напряженность слабѣе. Главный центръ ихъ находится на границѣ сѣверныхъ складокъ Тянь-Шаня, гдѣ и происходили всѣ наиболѣе крупныя

котораго погибло отъ 30,000 до 60,000 человѣкъ, страшное калабрійское землетрясеніе, гдѣ число жертвъ колебалось между 10,000—30,000, Сицилійское землетрясеніе, 1693 года, уничтожившее 60,000 человѣкъ, рядъ страшныхъ ударовъ, опустошившихъ Фокиду и Ахайю, катастрофа 1880 года на Хіосѣ, землетрясеніе 536 года въ Сиріи и Малой Азіи, погубившее 120,000 человѣкъ,—все это яркіе примѣры, показывающіе, какой страшной силы достигаютъ землетрясенія въ области Средиземнаго моря.

Въ нѣкоторыхъ частяхъ Остъ-Индіи и главнымъ образомъ на восточно-азіатскихъ островахъ, особенно въ Японіи, происходятъ чрезвычайно сильныя землетрясенія. Въ сѣверныхъ частяхъ Америки землетрясенія нерѣдки и достигаютъ значительной силы, но въ общемъ это довольно спокойная область. Наоборотъ, центральная Америка, западный и сѣверный берега Южной Америки и вестъ-индскіе острова принадлежатъ къ числу тѣхъ мѣстностей, которыя страдаютъ отъ частыхъ и сильныхъ подземныхъ ударовъ. Городъ Лима, начиная съ 1586 года, былъ разрушенъ 11 разъ. Землетрясеніе въ Каракасѣ въ 1812 году, въ Ріобамбѣ въ 1797 году, въ Иквикѣ въ 1868 г. и землетрясенія, въ томъ же году опустошившія Экуадоръ и Колумбію, и цѣлый рядъ другихъ принадлежатъ къ числу самыхъ грозныхъ явленій этого рода.

землетрясенія; изъ числа послѣднихъ отмѣтить *Бѣловодское* землетрясеніе 22 іюля 1885 г. и *Вѣрненское* 1887 г. 28 мая. Первое изъ этихъ землетрясеній наиболѣе сильно проявилось въ селеніяхъ Бѣловодскомъ, гдѣ разрушено 284 постройки, и въ Карабалтѣ, гдѣ число разрушенныхъ построекъ достигаетъ 196. Въ Пишпекѣ колебаніе было настолько сильно, что жители не могли удержаться на ногахъ; здѣсь повреждено 70 домовъ. Довольно значительнымъ было и *Чиликское* землетрясеніе въ 1889 г.

Забайкальскія землетрясенія носятъ въ общемъ тотъ же характеръ, что и Туркестанскія. Центръ ихъ находится вблизи южнаго конца Байкала: здѣсь и происходили всѣ новѣйшія землетрясенія. Изъ числа послѣднихъ какъ по силѣ, такъ и по величинѣ охваченной площади слѣдуетъ отмѣтить землетрясенія 1861—62 года.

Наконецъ, въ числѣ русскихъ сейсмическихъ областей должно упомянуть *Алтай* и *Камчатку*. Распространенность землетрясеній въ Россіи всего яснѣе выступаетъ на картѣ *А. П. Орлова*, гдѣ отмѣчены всѣ наиболѣе важныя землетрясенія. Нѣкоторыя изъ нихъ нанесены и на карту, прилагаемую въ этой книгѣ.

Въ *Европейской Россіи* слабыя сотрясенія почвы происходятъ очень часто, а извѣстія о нихъ имѣются съ давнихъ временъ. Такъ, напр., 1230 г. 3 мая были землетрясенія во *Владимірѣ* и въ другихъ мѣстахъ Россіи. Вотъ что пишетъ лѣтописецъ: „мѣсяца мая въ 3-й день во время Св. Литургіи, егда чтутъ Святое Евангеліе, въ церкви Св. Богородицы во Владимірѣ потрясеся земля и церкви, и трапеза, и иконы подвизашася по стѣнамъ и паникадила со свѣщами и свѣтильники поколебашася; людіе же изумяхуся и мняхуся, яко глава обошла каждо ихъ, и тако другъ другу сказовахъ, еже бысть имъ и недоумѣвахуся, что есть сіе, бысть же се во многихъ церквахъ и въ домахъ господскихъ и въ иныхъ градѣхъ бысть сіе". Лѣтопись отмѣчаетъ цѣлый рядъ подобныхъ случаевъ. Въ нынѣшнемъ столѣтіи въ Европ. Россіи было нѣсколько землетрясеній. Въ 1802 г. 25 октября бѣдственное землетрясеніе въ Итакѣ и Константинополѣ распространилось до *Москвы* и *Петербурга;* въ первомъ изъ этихъ городовъ было даже разрушено нѣсколько домовъ. Въ 1821 г. 11 ноября въ Льговскомъ уѣздѣ *Курской губерніи* чувствовалось два удара; это землетрясеніе достигло изъ Валахіи и отразилось на всей юго-западной Россіи. Можно было бы привести не мало и другихъ примѣровъ. Въ *Крыму* наблюдались слабыя землетрясенія въ 1869 и 1875 г. Въ послѣднемъ случаѣ землетрясеніе распространилось отъ Алушты до Евпаторіи и проявилось въ *Севастополѣ* настолько сильно, что произвело трещины въ домахъ и повернуло памятники на кладбищѣ. Но вообще землетрясенія въ Европейской Россіи не самостоятельны и представляютъ только замирающія волны отдаленныхъ сильныхъ землетрясеній. Нѣкоторыя, какъ, напр., *Вятское* въ 1809 г. 10 марта или *Рязанское* (въ Сапожковскомъ уѣздѣ) 1841 г. сентября 15 и др., распространялись на ограниченномъ пространствѣ и проявлялись весьма слабо (удары, сопровождавшіеся трещинами въ домахъ); происхожденіе ихъ должно быть приписано частнымъ причинамъ, оползнямъ, обваламъ и т. п.

Прим. перев.

Характеръ сотрясенія и ихъ дѣйствія.

Говоря о *напряженности землетрясеній* и сравнивая силу различныхъ ударовъ, мы должны имѣть въ виду такъ называемую *плейстосейстовую* *) область, гдѣ разрушенія достигаютъ наибольшей силы. Всякое землетрясеніе по направленію къ краямъ охваченной имъ площади постепенно ослабѣваетъ и замираетъ и мѣстами бываетъ весьма незначительно. Но независимо отъ этого, при опредѣленіи силы сотрясеній, мы встрѣчаемъ много и другихъ трудностей. Ощущенія, испытываемыя людьми, чрезвычайно обманчивы, а описанія этихъ ощущеній въ высшей степени различны. Въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ очень рѣдко случаются землетрясенія и гдѣ они проявляются въ слабой формѣ, люди считаютъ страшными и сильными такіе удары, которые въ Центральной Америкѣ, Экуадорѣ, Перу и Чили проходятъ незамѣченными. Поэтому силу землетрясеній опредѣляютъ по ихъ дѣйствію, именно по тѣмъ разрушительнымъ послѣдствіямъ, которыя обнаруживаются въ зданіяхъ и въ другихъ свободно стоящихъ сооруженіяхъ. Въ послѣднее время пытались различить десять различныхъ степеней напряженности и установить *скалу землетрясеній* (скала Росси-Фореля; см. ниже). Но и этотъ способъ опредѣленія силы сотрясеній имѣетъ только относительную цѣнность: въ тѣхъ странахъ, гдѣ дома строятся прочно, разрушенія будутъ значительно меньше, чѣмъ тамъ, гдѣ относятся беззаботно къ способу постройки. Наконецъ, и естественныя особенности мѣстъ, которыя въ разныхъ странахъ предпочтительно выбираются для городовъ, остаются не безъ значительнаго вліянія на послѣдствія землетрясеній.

Весьма поучительны въ этомъ отношеніи наблюденія Маллета надъ послѣдствіями Калабрійскаго землетрясенія въ 1856 г. Онъ указываетъ, что большинство разрушенныхъ домовъ было сложено изъ круглыхъ, овальныхъ или угловатыхъ камней, промежутки между которыми кое-какъ заполнялись плохимъ цементомъ съ небольшою подмѣсью песка. При первомъ ударѣ эти постройки обратились въ груду камней, между тѣмъ хорошо построенные дома среди этого хаоса разрушенія остались неповрежденными **).

Землетрясенія различаются не только по своей силѣ, но также по характеру самаго движенія почвы. Послѣднія могутъ быть *сотрясательными* или *нормальными*

---

*) Отъ словъ πλεῖστος (pleistos) — наибольшій и σειστός (seistos) — землетрясеніемъ.

**) Грозный характеръ *Шемахинскихъ* землетрясеній, неоднократно разрушавшихъ этотъ городъ (напр. въ 1869 г. 21 мая и въ 1872 г. 16 янв.) въ значительной степени объясняется непрочностью построекъ. Матеріаломъ для нихъ служилъ разнаго рода булыжный камень, скрѣпленный грязью, которая собиралась во время дождя въ улицахъ; въ очень рѣдкихъ случаяхъ употреблялся известковый цементъ. Кромѣ того, для исправленія, поврежденій, оставленныхъ прежними землетрясеніями, въ большинствѣ случаевъ не принималось серьезныхъ мѣръ,—и все ограничивалось замазываніемъ щелей (тою же грязью) и легкими поправками. При такихъ условіяхъ нельзя удивляться, что въ 1872 г. изъ всѣхъ домовъ города (болѣе 5000) устояло только 20. Разрушительныя послѣдствія въ г. *Вѣрномъ* (1887 г.) были бы менѣе значительны, если бы дома въ городѣ строились изъ дерева; по крайней мѣрѣ, въ окрестныхъ селеніяхъ, гдѣ былъ только незначительный процентъ каменныхъ построекъ, землетрясеніе произвело небольшія опустошенія. Во время *Бѣловодскаго* землетрясенія (1885 г.) уцѣлѣли во многихъ селеніяхъ постройки изъ дерева и плетня (пригоны для скота, сарайчики, кладовыя и пр.), постройки же изъ кирпича развалились.

Прим. перев.

(succussorische oder aufstossende) и *волнообразными* или *колебательными* (wellenförmige oder undulatorische). Иногда (какъ напр., 9 ноября 1880 г. въ Загребѣ) во всей области землетрясенія почва движется волнообразно, иногда въ томъ или другомъ мѣстѣ происходитъ вертикальный или косо направленный ударъ. Впрочемъ, оба вида землетрясеній не могутъ быть рѣзко отдѣлены другъ отъ друга, такъ какъ ударъ, встрѣчающій поверхность подъ косымъ угломъ, проявляется уже въ формѣ волноообразнаго движенія. Но и вертикальные удары сопровождаются колебательнымъ движеніемъ почвы, которое распространяется во всѣ стороны отъ мѣста главнаго сотрясенія. Поэтому почти во всѣхъ описаніяхъ землетрясеній мы встрѣчаемъ одно и то же выраженіе: „ударъ и послѣдовавшія за нимъ волнообразныя колебанія почвы“.

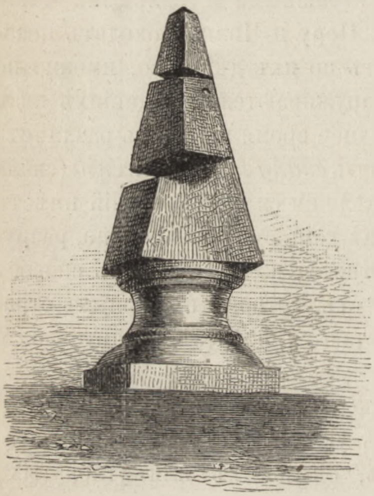


Рис. 234. Обелискъ монастыря Св. Бруно въ Санъ-Стефано въ Калабріи, повернутый землетрясеніемъ 1783 года.

Прежде отличали еще третій видъ сейсмическихъ движеній—такъ называемыя *вращательныя* движенія почвы (drehende oder rotatorische) или *вихреобразныя* (Wirbelbewegung). Предполагалось, что послѣдствія такихъ землетрясеній особенно гибельны. Знаменитымъ примѣромъ этого рода считалось землетрясеніе 1783 года въ Калабріи, которое произвело характерныя нарушенія въ двухъ каменныхъ обелискахъ, стоявшихъ передъ монастыремъ св. Бруно въ Санъ-Стефано дель Боско (см. рис. 224). Каждый изъ этихъ обелисковъ состоялъ изъ пьедестала и трехъ камней, положенныхъ одинъ на другой. Послѣ землетрясенія положеніе пьедесталовъ осталось неизмѣннымъ, камни же, слагавшіе обелискъ, были повернуты въ горизонтальной плоскости, но не сброшены. Существуетъ сообщеніе о подобныхъ же нарушеніяхъ въ церковной башнѣ на островѣ Майоркѣ. Цѣлый рядъ такихъ случаевъ наблюдался при землетрясеніи 1873 года въ Беллуно. На крышѣ одного собора стояло бронзовое изображеніе ангела въ 5 м. высотою; оно не могло упасть, такъ какъ было укрѣплено посредствомъ крѣпкаго желѣзнаго прута, и вслѣдствіи землетрясенія повернулось на своей оси приблизительно на 20°. Во время слабаго землетрясенія 1878 года въ области нижняго Рейна статуя, помѣщавшаяся передъ политехникумомъ въ Аахенѣ и состоявшая изъ трехъ частей, испытала такія же нарушенія, какъ и обелиски въ Санъ-Стефано. Въ Загребѣ въ 1880 году были повернуты надгробные памятники на кладбищѣ и камни строившейся тогда башни собора. Подобныя явленія, наблюдавшіяся вообще нерѣдко, разсматривались, какъ послѣдствія вращательныхъ движеній почвы. Не трудно убѣдиться, что это объясненіе неправильно: нарушенія, вродѣ описанныхъ, могли произойти только въ центрѣ сейсмической области, такъ какъ на большемъ или меньшемъ удаленіи отсюда вращательное движеніе должно было пріобрѣсти характеръ обыкновеннаго горизонтальнаго удара; но такія ничтожныя сооруженія, какъ обелиски, находясь въ центрѣ области, охваченной сильнымъ землетрясеніемъ, обрушились бы совсѣмъ. Всѣ описанныя выше явленія могутъ быть объяснены гораздо проще при помощи слѣдующаго опыта *Лазо*: возьмемъ кусокъ дерева и выточимъ изъ него кубъ; на нижней сторонѣ послѣдняго, но не на самой срединѣ ея,

воткнемъ небольшую иглу; положимъ брусокъ на столъ и вдавимъ въ него иглу; достаточно будетъ простаго горизонтальнаго удара, чтобы брусокъ пришелъ въ вращательное движеніе.

Сотрясательныя движенія почвы производятъ вообще грозныя разрушенія. Последнія достигаютъ наибольшей силы не въ эпицентрѣ, гдѣ ударъ дѣйствуетъ перпендикулярно къ поверхности, а въ большомъ или меньшемъ удаленіи отсюда, гдѣ удары направлены косо *). Впрочемъ, иногда и совершенно вертикальные удары производятъ страшныя опустошенія. Въ Калабріи цѣлые дома были подброшены вверхъ и упали на землю безъ особенныхъ поврежденій; другія же зданія взлетѣли на воздухъ вмѣстѣ съ ихъ фундаментами, точно при взрывѣ пороховой мины, и были совершенно разрушены. Въ 1797 году въ Ріобамбѣ трупы жителей были переброшены черезъ ручей на высокій холмъ, который поднимался на нѣсколько сотъ футовъ. Въ 1837 г. въ Чили былъ вырванъ изъ земли огромный шестъ, сидѣвшій въ ней на 10 метровъ (?) и укрѣпленный желѣзными прутьями. При этомъ яма, въ которой онъ сидѣлъ, не испытала никакихъ поврежденій. Но такой характеръ землетрясенія носятъ сравнительно рѣдко, и многія сообщенія о подобныхъ разрушеніяхъ сильно преувеличены. Хотя дѣйствія сильныхъ ударовъ вообще опустошительны, но мнѣніе, будто самыя ужасныя разрушенія обусловливаются только ими, основано на единичныхъ случаяхъ.

Мы уже познакомились съ общимъ характеромъ сильныхъ землетрясеній. Въ видѣ дополненія остановимся здѣсь въ Калабрійскомъ землетрясеніи 1783 года: наибольшей силы разрушенія достигали въ Калабріи, въ окрестностяхъ города Оппидо и въ мѣстечкахъ Ситтицано, Казолетто, Христина и Синополи Веккьо. На 22 итальянскихъ мили около Ситтицано, разрушеннаго до основанія, вся мѣстность испытывала чрезвычайно сильныя сотрясенія. Удары дѣйствовали въ вертикальномъ направленіи снизу вверхъ. Почти всѣ города и деревни, расположенные на этомъ пространствѣ, были разрушены. Но опустошительныя дѣйствія землетрясенія распространились и дальше и охватывали площадь въ 144 мили въ поперечникѣ. Разрушенія и здѣсь были значительны, особенно тѣ, которыя послѣдовали отъ удара 5 февраля и 28 марта. Въ области наибольшаго разрушенія лежало множество мѣстечекъ и два значительныхъ города; Реджьо въ Калабріи и Мессина въ Сициліи. 5 февраля въ г. Оппидо при восходѣ солнца небо было пасмурно. Заволакивавшія его тучи скоро разсѣялись. Около полудня земля окуталась туманомъ и, какъ часто бываетъ передъ непогодой, настало полное затишье; облака стояли неподвижно, воздухъ былъ спокоенъ. Только птицы и звѣри растерянно метались въ какомъ-то безпокойствѣ. Вдругъ послышался глухой, неясный шумъ, и поднялся сильный вѣтеръ со свистомъ и съ шумомъ пронесшійся надъ страной. Почва пришла въ слабое волнообразное движеніе. Послѣ полудня послѣдовалъ короткій сильный ударъ, въ одно мгновенье произведшій страшныя опустошенія. Въ ночь съ 6 на 7 произошелъ цѣлый рядъ сильныхъ опустошительныхъ ударовъ. Въ теченіи нѣсколькихъ недѣль и мѣсяцевъ земля находилась въ движеніи. 1 марта послѣдовалъ опять сильный ударъ, а 28 марта въ теченіи двухъ минутъ почва находилась въ такомъ стремительномъ движеніи, что вновь происшедшія разрушенія

---

*) Такъ напр. въ городѣ Вѣрномъ площадь наибольшаго разрушенія занимаетъ какъ разъ то пространство, гдѣ выходы удара колеблются между 40^0—50^0 и въ среднемъ достигаютъ 45^0 *Мильнъ* также указывалъ, что наибольшія разрушенія происходятъ при углахъ выхода въ 45—55^0 *Прим. перев.*

не уступали ужасамъ 5 февраля и что все уцѣлѣвшее при первомъ ударѣ было сокрушено и ниспровергнуто. Любопытно, что землетрясеніе обнаружилось только на западной сторонѣ горной цѣпи кристаллическихъ породъ, прорѣзывающихъ южную Калабрію. На восточной сторонѣ у Іонійскаго моря оно или совсѣмъ не чувствовалось, или проявлялось въ слабой степени. Только въ области Катанцаро движенія почвы распространились нѣсколько дальше къ востоку, и ударъ 28 марта чувствовался также въ Базиликатѣ, Салерно и Неаполѣ. Но какъ разъ въ мѣстности Катанцаро въ горномъ хребтѣ находится глубокая впадина. Непосредственно въ горахъ чувствовались только ничтожныя сотрясенія; они были значительнѣе въ холмистыхъ мѣстностяхъ, прилегающихъ къ хребту и образованныхъ новѣйшими породами. Вслѣдствіи подземныхъ ударовъ, въ Мессинскомъ проливѣ произошло такое же бурное движеніе, какое замѣчалось при землетрясеніи въ Лиссабонѣ. Вода мгновенно отступила отъ берега, и у Скиллы на протяженіи многихъ футовъ было обнажено морское дно. Черезъ нѣсколько мгновеній съ страшною стремительностью хлынула на берегъ огромная волна, и люди, бѣжавіе изъ своихъ рушащихся домовъ въ надеждѣ спастись на берегу, были подхвачены ею. Всѣ лодки, лежавшія на берегу, погибли въ пучинѣ. Это землетрясеніе особенно замѣчательно по тѣмъ измѣненіямъ, которыя оно произвело въ нѣкоторыхъ мѣстахъ охваченной имъ области. Они заключались преимущественно въ слѣдующемъ: обрывы, ограничивающіе узкія рѣчныя долины, покрылись трещинами, верхнія части ихъ обрушились или даже были переброшены на противоположный берегъ. Смотря по мѣсту и по силѣ удара, послѣдствія были различны, — въ нѣкоторыхъ случаяхъ бока долинъ совсѣмъ обрушились, въ нѣкоторыхъ обвалились части ихъ, и въ нѣкоторыхъ они только осѣли. Вслѣдствіи этого долины мѣстами съузились или были даже совсѣмъ загромождены, и воды ручьевъ, остановленныя обрушившимися массами, образовали маленькія озера. Въ Пьянура ди Рофарно появилось около 50 такихъ водовмѣстилищъ (см. рис. 225). Они обладали формою круга, которая и вообще свойственна большинству углубленій, образующихся при обвалахъ (см. ниже въ главѣ „Области опусканія"). Края ихъ были изрѣзаны многочисленными трещинами, расходившимися въ видѣ лучей. Вода заполняла ихъ до самаго верха. Было замѣчено, что глубоко залегавшіе пласты были сильнѣе всего раздроблены. Располагавшіяся же надъ ними породы были только передвинуты. Обширныя пространства, покрытыя рыхлою почвой, были передвинуты вмѣстѣ съ де-

Рис. 225. Круглыя отверстія у Рофарно въ Калабріи, образовавшіяся во время землетрясенія 1783 года.

ревьями и другими растеніями иногда даже на цѣлую итальянскую милю и, что всего любопытнѣе, внѣшній видъ такихъ участковъ нисколько не измѣнился; всѣ растенія остались на своихъ мѣстахъ. На ряду съ этимъ появились и огромныя трещины (см. рис. 226).

Передъ землетрясеніемъ въ Калабріи небо было одѣто туманомъ и предвѣщало непогоду. Такія явленія нерѣдко считались предшественниками катастрофъ. Вопреки этому мнѣнію, грозное землетрясеніе 3 апрѣля 1880 г., разрушившее островъ Хіосъ, произошло въ 1 часъ 42 минуты пополудни при совершенно ясномъ небѣ и чудной погодѣ. Хотя этотъ островъ лежитъ въ области частныхъ и сильныхъ землетрясеній, онъ никогда не испытывалъ такихъ бѣдствій. Послѣ ужасныхъ опустошеній, произведенныхъ турками въ 1822 г., когда изъ 110,000 жителей осталось только 2000 Хіосъ быстро оправился и черезъ 60 лѣтъ былъ едва-ли не самымъ богатымъ и цвѣтущимъ уголкомъ въ группѣ Кикладскихъ и Спорадскихъ острововъ. „Грозное бѣдствіе, обрушившееся на Хіосъ, вовсе не имѣло предвозвѣстниковъ. Наблюденія надъ землетрясеніями вести тѣмъ затруднительнѣе, чѣмъ выше напряженіе ударовъ и чѣмъ бѣдственнѣе послѣдствія ихъ. Изъ цѣлаго ряда сообщеній слѣдуетъ, что на Хіосѣ первый ударъ произошелъ не такъ внезапно, какъ напримѣръ во время катастрофы въ Казамиччьолѣ, и былъ направленъ не совсѣмъ перпендикулярно къ поверхности. Землетрясеніе достигло своей ужасной силы не сразу: многіе изъ жителей успѣли выбѣжать за ворота своихъ домовъ на улицы. Послѣ короткаго перерыва земля снова затряслась, черезъ нѣсколько минутъ произошелъ третій вертикальный ударъ страшной силы; черезъ двѣ минуты ударъ повторился, и зданія стали рушиться. Въ 2 часа 5 минутъ землетрясеніе возобновилось и снова сопровождалось разрушеніемъ домовъ. Наконецъ, въ 3 часа раздался сильный ударъ, закончившій бѣдствія этого дня. Всѣ сотрясенія земли сопровождались сильнымъ грохотомъ и раскатами. Въ слѣдующіе дни удары повторялись и достигали въ иныхъ случаяхъ значительной силы. 11 апрѣля, въ $7^1/_2$ часовъ вечера, сильный ударъ превратилъ городъ Хіосъ въ груду развалинъ, и зданія, которыя уцѣлѣли до сихъ поръ, были разрушены. Въ промежутокъ времени съ 7 часовъ 14 минутъ вечера 11 апрѣля до 7 часовъ 14 минутъ утра 12 апрѣля насчитано 68 ударовъ. Опустошенія распространялись далеко не на весь островъ, да и въ той области, которая пострадала отъ землетрясенія, они достигали не вездѣ одинаковой силы: сѣверо-западная, юго-западная, и южная

Рис. 226. Трещина у Монте Сантъ Анджело въ Калабріи, образовавшаяся во время землетрясенія 1783 г.

части острова почти не пострадали, и разрушеніе ограничилось самою плодородною и густо населенною цвѣтущею частью острова. Хотя область, охваченная разрушеніемъ, только немного превосходила половину всей поверхности острова, но изъ 17,000 домовъ, бывшихъ на островѣ, разрушилось 14,000. Слѣдуетъ еще отмѣтить, что въ сурьмяныхъ рудникахъ Керамо въ сѣверо-западной части Хіоса сотрясенія и раскаты чувствовались очень слабо, и никакихъ замѣтныхъ поврежденій не произошло ни въ самыхъ копяхъ, ни на дневной поверхности“ (фонъ-Ратъ).

Бѣдствія жителей были ужасны: 3541 человѣкъ убито, 1160 — ранено. Любопытны сообщенія Хіосскаго врача Шварца о дѣйствіи землетрясенія на людей. Вотъ что онъ пишетъ: „Сильныя и часто повторяющіяся душевныя волненія имѣли своимъ послѣдствіемъ множество нервныхъ заболѣваній. Съ грустью долженъ сообщить, что большая часть дѣвушекъ и молодыхъ женщинъ тотчасъ послѣ начала землетрясенія стали страдать эпилепсіей и спазматическими болями. Въ самомъ началѣ грознаго бѣдствія большинство жителей покинуло Хіосъ, осталась только незначительная часть. Глядя на ихъ посинѣвшія лица, непосредственно чувствуешь, какъ глубоко повліяли на нихъ переживаемые ужасы.“

Мы не будемъ болѣе говорить о тѣхъ поврежденіяхъ зданій, которыя являются послѣдствіемъ землетрясенія и вернемся къ этому предмету впослѣдствіи, когда будемъ говорить объ опредѣленіи направленія ударовъ. О томъ, какъ дѣйствуютъ землетрясенія на самую поверхность земли, мы уже отчасти упоминали, описывая землетрясенія въ Фокидѣ и Калабріи. Однимъ изъ обычныхъ послѣдствій землетрясенія являются *горные обвалы:* конечно, подземный ударъ служитъ только послѣднимъ толчкомъ, вызывающимъ разрывъ и паденіе надтреснувшихъ скалъ. Однимъ изъ ужасныхъ явленій этого рода былъ горный обвалъ въ *Добрачѣ* у Виллаха (Бѣляка) въ Каринтіи. „25 января 1348 г. произошло страшное землетрясеніе, какого люди и не запомнятъ. Церкви, башни, дома рушились; много людей было убито. Особенно ужасны были опустошенія въ Фріулѣ: дворецъ удинскаго патріарха обрушился, замки Тольмеццо, Санъ-Даніэле Венсоне и др. превратились въ груды развалинъ. Въ Венеціи Большой Каналъ лишился воды и разрушилось много дворцовъ. Въ Каринтіи было убито болѣе 1000 человѣкъ“. Такъ сообщаетъ объ этомъ землетрясеніи венеціанская хроника 1607 года, *Шаубахъ* же въ своемъ сочиненіи о нѣмецкихъ Альпахъ говоритъ: „горный обвалъ въ Добрачѣ, къ сожалѣнію очень мало изслѣдованный, принадлежитъ къ числу ужаснѣйшихъ явленій этого рода, и большой обвалъ у Россберга въ сравненіи съ нимъ ничтоженъ. Два замка и 17 деревень были погребены подъ развалинами, вся долина Гайля превратилась въ одно огромное озеро, и рѣка едва-едва проложила себѣ путь среди обломковъ. Множество болотъ, находящихся въ долинѣ, произошли какъ разъ въ это время. Еще и теперь часто находятъ разломанные дома и скелеты погибшихъ“. Изъ новѣйшихъ землетрясеній особенно выдается по количеству произведенныхъ имъ измѣненій поверхности, большое землетрясеніе въ Вѣрномъ 7 іюня (28 мая) 1887 года. Эпицентръ его располагался на высокихъ горахъ Заилійскаго Алатау (Туркестанъ) (см. рис. 223). Въ логу Акъ-Джаръ (въ долинѣ р. Аксая) произошелъ страшный горный обвалъ, и многія долины были загромождены оборвавшимися камнями, глинистыми массами и щебнемъ *).

---

*) Логъ Акъ-Джаръ былъ однимъ изъ красивѣйшихъ мѣстъ въ Заилійскомъ Алатау; сплошь заросшій густымъ лѣсомъ, онъ съ одной стороны съуживался и круто спускался къ Аксаю, — съ другой — раздѣлялся на двѣ вѣтви и оканчивался вверху котлообразнымъ расши-

Другимъ важнымъ слѣдствіемъ землетрясенія является образованіе *трещинъ*, которыя иногда сохраняются, иногда же вновь замыкаются. Во время землетрясенія въ Ріобамбѣ въ Экуадорѣ, въ 1797 году появились трещины, которыя то открывались, то исчезали и, по свидѣтельству Гумбольдта, люди спасались отъ гибели, поднявъ обѣ руки, которыя не позволяли имъ провалиться. Особенно много трещинъ образовалось во время землетрясенія въ Калабріи въ 1783 году. То же наблюдалось на Ахейскомъ берегу во время большого землетрясенія, которое свирѣпствовало 26 декабря 1861 г. у береговъ Коринѳскаго залива. Вотъ что сообщаетъ о немъ Шмидтъ:

„Особеннаго вниманія заслуживаетъ огромное количество трещинъ въ Ахайѣ и, особенно, множество песчаныхъ конусовъ, выдвигающихся около нихъ. Подобныя явленія издавна извѣстны, но они рѣдко находили правильное объясненіе. Они были отмѣчены уже во время *калабрійскаго землетрясенія* 1773 года и часто упоминались впослѣдствіи, вплоть до нашихъ дней. Точное объясненіе этихъ образованій особенно желательно, какъ мнѣ кажется, для того, чтобы можно было точно установить факты и ограничить область предположеній. На мою долю выпало счастье наблюдать образованіе трещинъ и песчаныхъ конусовъ, которые хотя и не достигали большихъ размѣровъ, но были явственно выражены. Я не имѣлъ возможности посѣтить главную область землетрясенія и производилъ свои наблюденія на колеблющемся берегу моря въ Каламаки *) у Сароническаго залива, черезъ нѣсколько минутъ послѣ землетрясенія. Прошло 10—15 минутъ, пока я достигъ южной части Каламаки. Названная набережная тянется съ юго-запада на сѣверо-востокъ и оканчивается на сѣверѣ у мола. Между набережной и восточнымъ рядомъ домовъ располагается широкая улица, оканчивающаяся у моря въ прибрежныхъ пескахъ. На этой улицѣ, именно на южномъ концѣ ея, и образовались трещины. Подобныя же явленія происходили здѣсь и 21 февраля 1858 года. Здѣсь же наиболѣе сильно осѣла дамба пристани, и южная часть ея уже погрузилась въ море, когда я прибылъ сюда. Мой проводникъ находился въ этомъ мѣстѣ съ другими людьми въ самомъ началѣ землетрясенія. Всѣ видѣли и чувствовали, какъ медленно и спокойно опускалась почва:

реніемъ. Сзади громоздились крутые, но мягкіе склоны, покрытые травою и лѣсомъ; только у самой вершины обѣихъ вѣтвей они мѣстами обнажались, образуя свѣтлыя пятна среди окружающей зелени. Послѣ землетрясенія логъ Акъ-Джаръ былъ неузнаваемъ. Склоны его превратились въ голыя почти отвѣсныя стѣны; лѣсъ остался только на вершинѣ, въ видѣ узкой полосы между обѣими вѣтвями долины. Дно лога было завалено громадными валунами гранита, діорита и глинисто-слюдяного сланца; мѣстами оно поднялось на 80 и даже 100 м. Отъ густой растительности, одѣвавшей дно лога, не осталось и слѣда: вмѣсто цвѣтущей красивой горной долины разстилалась каменистая дикая пустыня. Гранитныя глыбы оборвались съ крутыхъ склоновъ горъ, замыкающихъ верховья долины. Площадь главнаго обвала около $^{1}/_{4}$ версты, а высота около 300 метровъ. Глыбы, завалившія долину, достигаютъ 2000—3000 пудовъ. Обломки, получившіеся отъ разрыва обвалившихся массъ, образовали мощную каменную осыпь около 2 верстъ длиною, 200 метровъ шириною и 100 метровъ толщиною. Общая масса Акъ-Джарской осыпи, при самыхъ скромныхъ расчетахъ, достигаетъ 40.000,000 куб. метр. Какъ свидѣтельствуетъ И. В. Мушкетовъ, въ формѣ и расположеніи каменныхъ глыбъ наблюдается сходство съ большими моренами современныхъ ледниковъ; характерно только отсутствіе ледниковыхъ бороздъ и шлифованныхъ поверхностей на склонахъ. Когда осыпь покроется растительностью, валуны вывѣтрятся, а склоны сгладятся и одѣнутся травой и лѣсомъ, то замаскированную осыпь не трудно будетъ принять за древнюю морену. Такимъ образомъ природа различными путями приводитъ къ одинаковымъ результатамъ: несходные физико-геологическіе дѣятели производятъ одинаковыя дѣйствія,—и наоборотъ. (Карту Акджарскаго обвала см. въ соч. И. В. Мушкетова „Вѣрненское землетрясеніе“ 28 мая 1887 г).

Перев.

*) Гавань на восточномъ берегу Коринѳскаго перешейка.

Позднѣе, когда я срисовалъ эту мѣстность, боясь, что движеніе людей уничтожитъ слѣды землетрясенія, я могъ подмѣтить дальнѣйшее осѣданіе только посредствомъ измѣренія; къ десяти же часамъ утра это движеніе совсѣмъ прекратилось. Трещины были многочисленны, въ длину онѣ достигали 30—40 шаговъ, но въ ширину рѣдко доходили до одной пяди. Эти трещины были неглубоки; ихъ заполняла жидкая сѣро-голубая грязь и песокъ, и когда эти вещества осѣли, образовались маленькія лужи. Большинство трещинъ было направлены съ юго-востока на сѣверо-западъ; онѣ шли параллельно берегу, но въ нѣкоторыхъ мѣстахъ были сильно искривлены и обра-

Рис. 227. Песчаные кратеры и трещины, образовавшіяся во время землетрясенія въ Ахайѣ 26 декабря 1861 года. На заднемъ планѣ выдвигаются изъ воды вершины затопленныхъ деревьевъ. (По Ю. Шмидту.)

щены выпуклостью на востокъ. Послѣдняя особенность наблюдалась въ наиболѣе мелкихъ трещинахъ, гдѣ нѣжный бѣлый песокъ покрывалъ поверхность земли или лежалъ въ видѣ отдѣльныхъ островковъ. Подобныя трещины имѣли широкое распространеніе. Всюду же, гдѣ выходили изъ-подъ земли газовые пузыри съ запахомъ сѣроводорода, появились небольшіе песчаные конусы. Они были выдвинуты давленіемъ газовъ, морской воды и грязи. Эти плоскіе конусы достигали въ ширину 1—5 дюймовъ и обладали склонами въ 20^0. На вершинѣ конусовъ газовые пузыри лопались и такимъ образомъ возникалъ крошечный кратеръ; они соединялись вмѣстѣ по 2—4 и больше однимъ общимъ каналомъ. Часто изъ нихъ вылетала вода, часто также бѣлая соленая грязь. Термометръ, поставленный въ эти мелкіе кратеры или трещины, обнаруживалъ температуру морской воды. Къ 11 часамъ, когда я собрался въ дорогу, новые конуса перестали появляться. Заѣхавъ

снова въ эти мѣста въ январѣ, я видѣлъ только слѣды наиболѣе значительныхъ трещинъ.

„Несравненно большаго развитія достигали подобныя явленія въ Ахайѣ. Между устьями Меганитаса и Эрасиноса, среди которыхъ лежитъ Эгіонъ, они тянулись на протяженіи 3 неполныхъ географическихъ миль. Рис. 227 гораздо лучше объяснитъ особенности этихъ замѣчательныхъ образованій, чѣмъ какое бы то ни было описаніе. Вся поверхность Ахайи представляетъ плоскую равнину, образованную дельтовыми отложеніями нѣсколькихъ рѣкъ. Исключеніемъ являются только скалистые выступы Діакоптаса и холмы, на которыхъ лежитъ Эгіонъ. Почва состоитъ изъ перегноя, глины, песку и галекъ, принесенныхъ сюда горными потоками. Чистый бѣлый песокъ только у устьевъ рѣкъ перемѣшанъ съ гравіемъ и гальками. На югѣ по направленію къ горамъ эта равнина только чуть-чуть приподнимается, не болѣе, чѣмъ на 60 — 90 футовъ. Эта равнина образовалась въ теченіи многихъ тысячелѣтій изъ наносовъ рѣкъ, изливающихся сюда изъ Пелопоннеса. Она не имѣла никакого непосредственнаго соединенія съ крутыми склонами высокихъ горъ, ограничивающихъ ее съ юга, и представляла только поверхность мощной насыпи, подошва которой лежала на днѣ моря и которая своими боками прислонялась къ горамъ. Волны происшедшаго вблизи землетрясенія не могли равномѣрно распространяться въ разнородныхъ рѣчныхъ отложеніяхъ; послѣднія легко отдѣлились отъ склоновъ горы, и вся равнина стала скользить по направленію къ сѣверу. Такимъ образомъ возникла огромная трещина, шириною въ 2 м. и длиною въ 13,000 м.; она тянулась отъ мыса до Гардена у самаго подножія горъ. Въ этомъ мѣстѣ равнина осѣла болѣе, чѣмъ на 2 м. Такъ какъ она слабо наклонялась къ сѣверу, то ея береговая полоса неизбѣжно должна была погрузиться въ море. Длина погрузившейся въ воду части достигаетъ 13,000 м., ширина же ея колеблется между 100 — 200 м. и достигаетъ наибольшей величины у Діакоптитики и Тарацы, къ сѣверу отъ которыхъ располагался нѣкогда городокъ Хелике, поглощенный моремъ во время землетрясенія въ 373 г. передъ Р. Х. Къ западу ширина погрузившейся прибрежной полосѣ уменьшается и, по моимъ опредѣленіямъ, у Теменіона достигаетъ 10 — 20 м. Я полагаю, что въ общемъ равнина потеряла 1,300,000 кв. м. Пространство, прорѣзанное многочисленными трещинами охватываетъ площадь въ $6^1/_2$ кв. км., а поверхность осѣвшаго участка равняется приблизительно 13 кв. км. Изъ 13 деревень, лежащихъ въ этой области, двѣ совершенно разрушены, большинство потерпѣло существенныя поврежденія, и только одна не затронута всеобщимъ разрушеніемъ. Древній городъ Хелике погибъ во время подобнаго же, но значительно болѣе сильнаго землетрясенія. И тогда равнина стала скользить по склонамъ ограничивающихъ ее горъ и, воспѣтый Гомеромъ, приморскій городъ вмѣстѣ съ его жителями внезапно провалился въ море.

„Скользя по сильно наклоненной неправильной поверхности, эта огромная масса должна была разорваться: вслѣдствіе неравномѣрнаго движенія отдѣльныхъ ея частей, появились многочисленныя трещины; большинство ихъ шло параллельно берегу, многія соединялись поперечными трещинами. Нѣкоторыя были столь широки, что я не могъ перескочить ихъ даже на лошади. Въ глубину эти трещины достигали 4 или 5 ф. и были всегда заполнены землей, пескомъ и грязью. Наблюдались также трещины, подобныя тѣмъ, которыя явились во время землетрясенія въ Калабріи. Онѣ обладали формой звѣзды и расходились въ видѣ лучей во всѣ стороны отъ одного общаго отверстія, достигавшаго въ ширину до 2 — 3 м. Онѣ были иногда прямолинейны,

иногда изогнуты и соединялись тонкими поперечными трещинами. Часто въ центрѣ такой звѣзды располагался песчаный конусъ съ кратеромъ.

„Вслѣдствіе неравномѣрнаго осѣданія почвы развивалось сильное, быстро возраставшее давленіе. Подъ его вліяніемъ легкоподвижныя массы, какъ, напр., вода, грязь и песокъ, должны были направиться въ сторону меньшаго сопротивленія; онѣ вгонялись въ трещины, уже существовавшія раньше или появившіяся теперь, и выливались на поверхность. Если давленіе было сильно и дѣйствовало быстро, то песокъ и грязь нагромождались въ видѣ конусовъ. Мощные водяные потоки и газы, находившіеся подъ сильнымъ давленіемъ, направляясь къ поверхности, образовали въ этихъ конусахъ кратеры, изъ которыхъ и вылились жидкія массы. Подобныя явленія я наблюдалъ, какъ было упомянуто выше, на небольшихъ трещинахъ и песчаныхъ конусахъ въ Каламаки. Въ Ахайѣ они достигали значительно большаго развитія, но по существу не представляли ничего новаго. Уголъ склоновъ ни на одномъ не превосходилъ 30°. Это доказывало, что изъ кратеровъ вылились значительныя количества воды, которыя и уменьшили крутизну конусовъ. Въ восточной части равнины конусы насчитывались сотнями. Самый большой изъ нихъ у своего основанія достигалъ 20 м. въ поперечникѣ; сохранившійся кратеръ его равнялся едва только 1 м. въ ширину. Онъ былъ не глубокъ, стѣны его были округлены. На днѣ кратера замѣчались два отверстія до 1 дюйма въ діаметрѣ; изъ нихъ выбрасывались камни, почернѣвшіе куски дерева, древесныя вѣтки, вода и песокъ. По направленію къ западу величина песчаныхъ конусовъ уменьшалась, и кратеры попадались рѣже. Впрочемъ, это наблюдалось только черезъ мѣсяцъ послѣ землетрясенія. У Валомитики, на мѣстѣ погрузившагося берега, изъ моря выдвигались высокіе тростники, садовые кустарники, миндальныя и оливковыя деревья“.

Изъ этого описанія видно, что своеобразныя измѣненія поверхности, съ которыми мы познакомились уже выше, говоря о землетрясеніи въ Калабріи, появляются во время сильныхъ землетрясеній преимущественно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ почва образована новѣйшими рѣчными наносами; иногда они приводятъ къ полному измѣненію поверхности земли. При нѣкоторыхъ условіяхъ образованіе трещинъ и соскальзываніе вдоль нихъ цѣлыхъ участковъ земли приводитъ къ гибельнымъ послѣдствіямъ. Вотъ что произошло во время землетрясенія въ Лиссабонѣ 1 ноябрѣ 1755 года: „Новая набережная, недавно построенная у берега, подъ вліяніемъ подземныхъ ударовъ опустилась въ море и увлекла за собою огромное количество людей, а также и всѣ суда, которыя были къ ней привязаны. Никогда не наблюдалось ничего подобнаго. Глубина моря въ томъ мѣстѣ, гдѣ стояла набережная, достигала послѣ катастрофы 100 саженей (600 ф.)“.

Кратероподобные конуса, въ родѣ тѣхъ, какіе наблюдались въ Ахайѣ и въ Калабріи встрѣчаются вообще нерѣдко и заслуживаютъ особеннаго вниманія. Въ слабой степени эти явленія наблюдались и во время землетрясенія въ Загребѣ; они возбудили немалый страхъ, такъ какъ жители, и безъ того перепуганные подземными ударами, вообразили, что подъ ихъ ногами образуется вулканъ, который все уничтожитъ своимъ огнемъ. На самомъ же дѣлѣ явленіе носило обычный характеръ: поверхность земли растрескалась и почвенныя воды вмѣстѣ съ пескомъ и грязью вырывались изъ-подъ земли. Появленіе песчаныхъ конусовъ, проваловъ и трещинъ наблюдалось также во время землетрясенія въ Чарльстонѣ: воды вылилось такъ много, что ручьи, высыхавшіе лѣтомъ, наполнились ею. Во время землетрясенія въ Келду-верфи —

въ Исландіи 25 января 1885 г., появились трещины, изъ которыхъ вырвалась вода, перемѣшанная съ глиной, грязь и огромные камни; все это подбрасывалось вверхъ на нѣсколько саженей. Ледъ на озерѣ Викинга, достигавшій въ ширину $^1/_2$—$^3/_4$ локтей, былъ разбитъ на множество обломковъ, которые въ видѣ высокаго вала нагромоздились у береговъ озера. „На плоскихъ песчаныхъ равнинахъ озера Викинга песокъ вылеталъ столбами въ 50—60 нѣм. саженей высотою; казалось, будто происходитъ изверженіе. При каждомъ ударѣ песчаные взрывы начинались на востокѣ и постепенно придвигались къ западу. Въ то-же время нагромождались высокіе песчаные кратеры, которые тотчасъ же распадались и исчезали. Эти песчаныя изверженія длились приблизительно по 15 минутъ. Въ слѣдующіе дни на песчаныхъ равнинахъ наблюдались многочисленные огромные провалы; изъ нихъ самый большій достигалъ 60—70 саженей въ обхватѣ. Эти ямы были наполовину заполнены водой, и крутыя стѣны ихъ поднимались приблизительно на 3 локтя въ высоту“ *(Тороддсенъ).*

Огромнаго развитія достигали подобныя явленія въ Индіи у устьевъ Ганга и Брамапутры: „2 апрѣля 1762 года сильное землетрясеніе охватило большую часть низменности. Оно распространялось отъ Читтагонга на востокѣ на западъ и внутрь страны, чувствовалось на далекомъ разстояніи и особенной силы достигало въ области Дакка. Воды рѣкъ, подобно бурному морю, устремились на землю; появились широкія длинныя трещины, изъ которыхъ вырвались столбы воды въ нѣсколько футовъ высотою; почва стала опускаться. 10 января 1869 года чувствовался сильный подземный ударъ въ провинціи Кахаръ, къ востоку отъ Брамапутры; онъ произвелъ сильныя измѣненія въ дельтѣ. На протяженіи многихъ квадратныхъ миль залегаютъ здѣсь твердыя глины въ 10—13 м. мощностью. Онѣ располагаются на пластахъ сильно насыщенной водою рыхлой породы. Во время землетрясенія на протяженіи цѣлыхъ миль образовались трещины, параллельныя теченію рѣкъ, и верхній слой наносовъ, сталъ скользить по поверхности подстилающей его породы. Послѣдняя, находясь въ кашеобразномъ состояніи вырвалась черезъ зіяющія трещины на поверхность: съ быстротою пороха, которымъ стрѣляютъ изъ пушки, выдѣлилась сначала мелкая сухая пыль, которая поднималась вверхъ, точно дымъ, затѣмъ вылилась жидкая грязь; послѣдняя образовала около отверстія губу и стекала дальше. По окончаніи землетрясенія почва наносовъ была прорѣзана большими трещинами; въ нѣкоторыхъ мѣстахъ онѣ представляли настоящіе сбросы, такъ какъ съ одной стороны почва осѣла. Тутъ и тамъ на поверхности выступили низкіе обрывы, и между ними или на самыхъ трещинахъ располагались круглыя или эллиптическія кратероподобныя отверстія; послѣднія часто были окружены валомъ изъ песку или грязи. Во многія изъ большихъ отверстій опять устремился выброшенный песокъ и грязь и увлекъ за собою ихъ края, такимъ образомъ появились неправильныя воронкообразныя углубленія“. *(Зюссъ).*

Знаменитое землетрясеніе въ *Вѣрномъ* 28 мая (9 іюня) 1887 г. произвело множество разнообразныхъ нарушеній въ долинахъ Заилійскаго Алатау. Пользуясь изслѣдованіемъ *И. В. Мушкетова*, постараемся набросать общую картину разрушенія.

Хребетъ Заилійскаго Алатау тянется къ югу отъ г. Вѣрнаго приблизительно съ запада на востокъ. Сѣверные склоны его прорѣзаны множествомъ поперечныхъ долинъ, по которымъ текутъ рѣки, несущія свои воды въ р. Или и далѣе въ озеро Балхашъ. Если направиться вдоль хребта съ востока на западъ, то послѣдовательно пройдутъ Бель-булакъ, Березовая, Котуръ-булакъ, Прямая щель, М. Алматинская и Б. Алматинскія щели, Карагайлы, Аксай, Каргаумы-булакъ, Каскеленъ и др. менѣе значительныя долины. Въ этихъ то долинахъ и произошли разрушенія, сообщившія горамъ неузнаваемый видъ

Въ предѣлахъ Семирѣчья сѣверный склонъ Заилійскаго Алатау представляетъ живописную картину; подобно другимъ хребтамъ Тянь-Шаня онъ рѣзко выдѣляется надъ однообразною ровною степью, растилающеюся къ сѣверу отъ его подножія, но не поражаетъ дикостью и безжизненностью скалъ. Несмотря на громадное расчлененіе, отроги и поперечныя долины его сглажены, спокойны, полны жизни. Въ нижнихъ частяхъ горы покрыты роскошнѣйшими лугами, а долины заросли роскошнѣйшими кустарниками и деревьями; ярко-зеленый покровъ первыхъ, какъ бы перемежается съ темными полосами вторыхъ. Здѣсь нѣтъ ни дикихъ ущелій, ни мрачныхъ скалъ; эта область раскрыта для человѣка, который широко воспользовался ею: кочевники развели здѣсь многочисленныя стада разнаго скота, а осѣдлые — преимущественно русскіе — обширное пчеловодство. Эта жизненность придаетъ еще болѣе рѣзкости тому контрасту съ душною полупустынною степью, который уже и безъ того ярко выражается характеромъ рельефа. Въ верхней своей части луга, кустарники и лиственныя деревья долинъ окаймляются широкою, издали черною, полосою хвойнаго лѣса, (отъ 5,000 до 9,000 ф.); далѣе выступаетъ зубчатый гребень хребта съ острыми причудливыми вершинами (до 15,000 ф.); они поднимаются то отдѣльно, то группами и рѣзко выступаютъ на сѣро-бѣломъ фонѣ вѣчнаго снѣга, питающаго многочисленные, хотя и небольшіе, ледники.

Землетрясеніе 28 мая произвело разрушенія главнымъ образомъ на среднихъ высотахъ (3,000—8,000 фут.). Голые каменистые и глинистые участки, обнажившіеся вслѣдствіи оползней и обваловъ, рѣзко выдѣлялись на ярко-зеленомъ фонѣ растительности. Еще издали путешественника поражало множество желтоватыхъ пятенъ по склонамъ поперечныхъ долинъ хребта, который еще болѣе сталъ оправдывать старинное названіе Алатау, что значитъ „пестрый". Съ перваго взгляда всѣ эти слѣды разрушенія кажутся однородными, но внимательное изслѣдованіе приводитъ къ опредѣленному расчлененію ихъ элементовъ. Они сводятся къ образованію трещинъ и сдвиговъ, оползней, „оплывинъ", обваловъ и осыпей. Эти нарушенія обнаружились во всѣхъ долинахъ сѣверной стороны Алатау на разстояніи почти 100 верстъ, но въ особенности между Бель-Булакомъ и Каскеленомъ т. е. на протяженіи 35 в.; главная область разрушеній лежитъ здѣсь на высотѣ 3,500—6,000 фут. и охватываетъ площадь въ 400 кв. верстъ.

Грозныя разрушенія, произведенныя землетрясеніемъ, были подготовлены выпаденіемъ обильныхъ осадковъ: катастрофѣ предшествовали ливни. Массивныя породы Заилійскаго Алатау прикрыты мощными рыхлыми отложеніями, каковы—древніе рѣчные и ледниковые наносы, элювій и лессъ. Легко проникая верхнія рыхлыя породы, вода задерживалась въ нижнихъ глинистыхъ слояхъ и, скатываясь по нимъ, подмывала прикрывавшія ихъ породы. Тамъ, гдѣ этотъ процессъ отличался своею силою, образовалось множество трещинъ въ верхнемъ слоѣ; послѣдній потерялъ связность и сталъ ползти по скользкой поверхности нижнихъ глинистыхъ слоевъ, которые, вѣроятно, были сглажены уже раньше стекавшею по нимъ водою. Такимъ образомъ явленіе представляется вполнѣ сходнымъ съ тѣми оползнями, которые могутъ произойти и безъ землетрясенія, напр., подъ вліяніемъ ливня. Но на ряду съ этими простѣйшими нарушеніями, происходило въ широкихъ размѣрахъ образованія такъ называемыхъ *„оплывинъ"* Этимъ словомъ мѣстные жители обозначали особый видъ густыхъ грязныхъ потоковъ, которые потекли по склонамъ горъ и мѣстами достигали равнины. Верховья ихъ представляютъ полукруглое, чашеобразное углубленіе, ограниченное сверху и съ боковъ почти отвѣсными краями и свободно открывающееся съ нижней стороны. Изъ этихъ то углубленій и вылились мощные потоки грязи, которые направляясь внизъ поглощали въ своей массѣ все встрѣчавшееся имъ на пути. Въ долинѣ Котуръ-Булакъ потоки эти достигаютъ 3—4 верстъ въ длину, 300 метр. въ ширину и 40 метр.—въ толщину; общая масса ихъ составляетъ около 74.000,000 куб. метр. Въ долинѣ Прямая щель оплывины еще массивнѣе: онѣ протянулись на 10 верстъ при ширинѣ въ 500 метр. и толщинѣ 40—60 метр.; общая масса ихъ достигаетъ 120.000,000 куб. метр. Къ счастью эти оплывины остановились въ 4 верстахъ отъ Малой Алматинской станицы, которая иначе была бы погребена подъ ними. Въ нѣкоторыхъ долинахъ, какъ напр., въ Тасты-Булакѣ и Джаманъ-Булакѣ мощныя оплывины (до 30.000,000 куб. метр.) вышли изъ горъ и разлились по равнинѣ. Въ долинѣ Аксая оплывины затопили дома и пашни, въ долинѣ Большой Алматинки погибло много скота; не обошлось и безъ гибели людей.

Оплывины покрывали долины во всю ширину и прикрыли русло протекавшихъ здѣсь рѣкъ; въ однихъ случаяхъ это повело къ образованію временныхъ озеръ, гдѣ скоплялись задержанныя въ своемъ теченіи воды; въ другихъ случаяхъ образовались подземные потоки. Рыхлый песчано-глинистый матеріалъ оплывинъ не могъ долго противустоять ихъ размывающему дѣйствію; онъ постепенно обрушивался, сохраняясь только тутъ и тамъ въ видѣ земляныхъ мостовъ; съ уничтоженіемъ послѣднихъ потокъ выступалъ опять на дневную поверхность, но уже въ совершенно неузнаваемомъ видѣ. Вмѣсто спокойной рѣки, протекавшей между зелеными травянистыми берегами, шумѣлъ бурный потокъ грязной воды: онъ пролагалъ свой путь между отвѣсными стѣнами застывшей грязи, вышиною до 40 и 60 м.; эти стѣны постоянно обваливались и снова мутили воду. При незначительной ширинѣ рѣки, долина ея представляла узкое ущелье, въ родѣ трещины: издали она была даже незамѣтна.

Образованіе такихъ оплывинъ *И. В. Мушкетовъ* приписываетъ дѣйствію сильнаго вертикальнаго удара. Подбросивъ вверхъ болѣе слабыя части склоновъ, онъ образовалъ въ нихъ чашеобразныя углубленія, заполненныя массою рыхлыхъ породъ; послѣднія, смѣшавшись съ нижними водоносными слоями, пришли въ кашеобразное состояніе и вслѣдствіе тяжести стали сливаться внизъ, обрушивъ нижніе края чаши или кратера. Отсюда и произошла полукруглая форма ихъ. Изучая строеніе оплывинъ, Мушкетовъ нашелъ въ нихъ извѣстное сходство съ ледниками,—наблюденіе тѣмъ болѣе важно, что оно можетъ пролить извѣстный свѣтъ на происхожденіе нѣкоторыхъ особенностей въ строеніи ледниковъ.

На ряду съ образованіемъ оползней и мощныхъ оплывинъ, землетрясеніе произвело, какъ мы видѣли выше (стр. 330 примѣч.), громадные обвалы гранитныхъ скалъ. Въ долинѣ Аксая разрушеніе достигало страшной силы. Обрушившіяся и сползшія массы запрудили рѣку, вслѣдствіи чего до 11 час. вечера 28 мая ниже оплывинъ не было воды. Въ ночь на 29 мая Аксай прорвалъ запрудившія его плотины и вынесъ съ огромною быстротою скопившіяся воды; перемѣшанныя съ грязью онѣ образовали своего рода оплывину, послѣдняя прошла даже до Ташкентской почтовой дороги, т.-е. верстъ 15 внѣ горъ; разлившись здѣсь на широкой площади, она заполнила всѣ канавы, снесла мосты и вообще испортила дорогу на протяженіи 8 верстъ: сообщеніе между городомъ Вѣрнымъ и Каскеленомъ прекратилось.

Наконецъ, слѣдуетъ упомянуть и объ образованіи такъ называемыхъ сдвиговъ; особенно отчетливо наблюдались они на склонахъ одного изъ верхнихъ притоковъ Котуръ-булака. Здѣсь сдвигъ произошелъ по двумъ параллельнымъ и почти вертикальнымъ трещинамъ, шириною около 2 метр. Сдвинутыя части склона опустились на 10 м. и запрудили небольшой ручей, вслѣдствіи чего выше сдвига образовалось небольшое озеро (около 100 саж. длиною и 15 саж. шириною).

Вся масса оползней, обваловъ, оплывинъ, сдвиговъ и осыпей на высотѣ 3500—6000 ф. и на разстояніи 35 верстъ (между Бель-булакомъ и Каскеленомъ) равна, по крайней мѣрѣ, 440.000,000 куб. м. или 67.207.000,000 пуд., что составляетъ около $^1/_{40}$ части Монблана. Если допустить высоту паденія только въ 10 саж., что гораздо меньше дѣйствительной, то и тогда получится громадная механическая работа, почти 4.700.000.000,000 пудо-фунтовъ. Такая огромная работа, явившаяся слѣдствіемъ землетрясенія, не могла пройти безслѣдно; паденіе и перемѣщеніе огромныхъ массъ должно было въ свою очередь вызвать новыя отрясенія почвы и усилить землетрясеніе.

Перев.

Мы неоднократно видѣли, что однимъ изъ послѣдствій землетрясенія являются осѣданія почвы. Нѣкоторые изслѣдователи указывали, что и поднятія значительныхъ участковъ могутъ также происходить вслѣдствіе землетрясенія. Примѣры подобныхъ явленій находили въ чилійскомъ землетрясеніи 1822 года, указывали также, что они явственно обнаружились и во время землетрясенія у устьевъ Инда. Фухсъ и др. ученые относились съ большимъ сомнѣніемъ къ этимъ фактамъ, въ послѣднее время *Зюссъ* пытался доказать, что извѣстія о такихъ поднятіяхъ по своей противорѣчивости не заслуживаютъ довѣрія. Существуетъ только одинъ несомнѣнный случай, когда землетрясеніе сопровождалось поднятіемъ. Въ 1848 году, во время землетрясенія на южномъ берегу Кукова пролива въ Новой Зеландіи образовалась трещина приблизительно въ 96 км. длиною. Землетрясеніе повторилось въ 1855 году; въ это время образовалась трещина въ 145 км. длиною, направленная къ сѣверо-сѣверо-востоку; къ западу отъ этой трещины мѣстность поднялась на 2,74 м. Впослѣдствіи мы еще вернемся къ этому вопросу, здѣсь же само собою напрашивается одно замѣчаніе: выше мы видѣли, что самою распространенною формой землетрясеній являются вертикальные удары, направленные снизу вверхъ. Невольно является предположеніе, что при подобныхъ поднятіяхъ мы имѣемъ также дѣло съ силой, направленной вверхъ. Но такое заключеніе будетъ невѣрно. Точно также при осѣданіяхъ земной коры во время землетрясеній на поверхности не чувствуется движенія внизъ; наоборотъ, предметы какъ бы подпрыгиваютъ, и движеніе носитъ характеръ удара, направленнаго вверхъ. *Лазо* приводитъ прекрасный примѣръ подобнаго явленія. Въ каменноугольныхъ копяхъ Кёнигсхютте въ верхней Силезіи были

выработаны изъ штрека угольные пласты, мощностью въ 24 ф. Вслѣдствіи обвала вышележащихъ породъ произошло сотрясеніе земли, сопровождавшееся подземными раскатами и длившееся около 1 часа. На поверхности вблизи обвалившагося штрека разные предметы „подпрыгивали вверхъ, какъ мячики".

Какъ видно изъ вышеприведенныхъ описаній, подземный шумъ обыкновенно сопровождаетъ землетрясенія, предшествуетъ имъ или слѣдуетъ за ними. Иногда онъ напоминаетъ громъ, иногда раскаты. Съ увеличеніемъ силы звука обыкновенно понижается высота его. Какъ думаетъ *Мильнъ,* этотъ шумъ обязанъ своимъ происхожденіемъ главнымъ образомъ слабымъ и быстрымъ дрожаніямъ, которыя сопровождаютъ землетрясенія: потому-то звуковыя явленія такъ часто предшествуютъ осязательнымъ движеніямъ земной поверхности. Если землетрясеніе происходитъ въ мѣстахъ разлома, то, по *Дависону*, эти нѣжныя и быстрыя дрожанія вызываютъ звуковыя колебанія даже въ концахъ трещины, гдѣ сама дисколацiя выражена очень слабо и гдѣ почти не замѣтно землетрясенія. Этимъ, по крайней мѣрѣ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, объясняется тотъ фактъ, что область, охваченная землетрясеніемъ, далеко не всегда совпадаетъ съ областью, гдѣ происходятъ звуковыя явленія. Иногда слышится громкій подземный шумъ и вовсе не происходитъ даже слабаго движенія почвы. Подобныя явленія наблюдалъ *Парчъ* въ 1822—1826 г. на далматинскомъ островѣ *Меледа*, жители котораго чрезвычайно были перепуганы частыми подземными раскатами. Другой замѣчательный примѣръ этого рода, такъ называемый брамидосъ (гулъ), въ *Гуанахуато* въ Мексикѣ пріобрѣлъ широкую извѣстность, благодаря описанію Гумбольдта: „Этотъ знаменитый и богатый горный городокъ лежитъ вдали отъ всѣхъ вулкановъ. Подземные звуки начались въ полночь 9 января 1784 года и длились больше мѣсяца. Казалось, будто подъ ногами жителей собрались грозныя тучи, въ которыхъ продолжительные раскаты прерывались короткими громовыми ударами. Когда я прибылъ туда, шумъ постепенно замедлялся и ослабѣвалъ. Почти всѣ жители въ ужасѣ покинули городъ, въ которомъ лежали цѣлыя груды серебряныхъ слитковъ. Наиболѣе храбрые привыкли нѣсколько къ подземному грохоту, вернулись назадъ и бились съ шайками разбойниковъ, которые грабили сокровища. Ни на поверхности земли, ни въ глубокихъ рудникахъ (1500 ф.) не чувствовалось даже слабаго землетрясенія. На протяженіи всего Мексиканскаго плоскогорія никогда еще не слышалось такихъ звуковъ, и впослѣдствіи они не повторялись больше".

Въ послѣднее время неоднократно указывалось, что землетрясенія сопровождаются *электрическими* и *магнитными* явленіями. Значительная часть ихъ является послѣдствіемъ механическихъ нарушеній. Происходитъ ли самостоятельное возбужденіе электричества и магнетизма,—еще не рѣшено.

Моретрясенія.

Суда на открытомъ морѣ чувствуютъ иногда болѣе или менѣе сильные толчки. По единогласному свидѣтельству моряковъ такія моретрясенія сопровождаются громоподобнымъ глухимъ подводнымъ шумомъ и производятъ впечатлѣніе, какъ будто корабль наѣхалъ на мель или на подводный рифъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эти сотрясенія бываютъ не сильнѣе тѣхъ, которыя происходятъ при бросаніи якоря.

При болѣе сильныхъ ударахъ корабли начинаютъ колебаться, мачты дрожатъ, руль стремительно поднимается и опускается, даже люди подбрасываются вверхъ; особенно сильные удары ломаютъ корабельныя снасти. Иногда моретрясенія проявляются въ видѣ ударовъ, иногда носятъ волнообразный характеръ, иногда длятся нѣсколько мгновеній, иногда много секундъ и даже минутъ; одинъ разъ наблюдалось моретрясеніе, продолжавшееся даже полчаса. Но въ большинствѣ случаевъ самые сильные удары не вызываютъ и слабаго движенія воды въ океанѣ. Очень можетъ быть, что только такія явленія и должны быть отнесены къ разряду сейсмическихъ: тѣ же моретрясенія, которыя сопровождаются сильнымъ волненіемъ, распространяющимся во всѣ стороны по океану, стоятъ, повидимому, въ связи съ подводными изверженіями.

Нашими свѣдѣніями о моретрясеніяхъ мы обязаны случайнымъ сообщеніямъ моряковъ. Не удивительно, что они слишкомъ не полны; о значительномъ большинствѣ моретрясеній мы вовсе не имѣемъ извѣстій, и только въ рѣдкихъ случаяхъ одно и то же явленіе наблюдалось съ нѣсколькихъ судовъ. Къ послѣдней группѣ относится моретрясеніе, происходившее 22 декабря 1884 г. между островами Азорскими и Мадейрой. Сопоставляя различныя сообщенія, Рудольфъ пришелъ къ заключенію, что это моретрясеніе распространялось прямолинейно отъ Азорскихъ острововъ почти до Мадейры. Наоборотъ, моретрясеніе 31 декабря 1881 года въ Бенгальскомъ заливѣ (см. карту на рис. 223) охватывало площадь, имѣвшую форму круга; такъ какъ вокругъ залива были разставлены приборы, точно отмѣчавшіе время прибоя волны, то въ данномъ случаѣ получены очень точныя цифры. Площадь, подвергавшаяся землетрясенію, достигаетъ 5 милліоновъ кв. км. Эпицентръ лежитъ приблизительно въ серединѣ Бенгальскаго залива, а потому на берегахъ чувствовались только весьма слабыя колебанія почвы. Любопытенъ выводъ, къ которому приводитъ сопоставленіе имѣющихся до сихъ поръ данныхъ: оказывается, что тѣ области океана, которыя наиболѣе часто посѣщаются судами, вовсе не подвержены моретрясеніямъ; сейсмическія явленія главнымъ образомъ сосредоточены въ такихъ мѣстностяхъ, какъ, напр., окрестности Азорскихъ острововъ и области, расположенныя къ западу отъ береговъ Португаліи, а также къ востоку отъ острова св. Павла.

Чрезвычайно интересны и разнообразны сейсмическія явленія въ *прибрежныхъ* мѣстностяхъ. Сильныя землетрясенія, происходящія здѣсь, часто не сопровождаются сколько-нибудь значительнымъ волненіемъ на морѣ. Гнѣздо большей части такихъ землетрясеній лежитъ въ морѣ. Такъ, напр., $^{8}/_{10}$ японскихъ землетрясеній имѣли эпицентръ на поверхности моря, точно также землетрясеніе 1887 г. въ Лигуріи и землетрясеніе 1893 г. въ Закинѳѣ имѣли исходную точку на морскомъ днѣ. Гнѣздо другихъ землетрясеній располагалось на сушѣ недалеко отъ берега. Таково, напр., было большое землетрясеніе въ Чарльстонѣ въ Южной Каролинѣ въ 1886 г. Во всѣхъ этихъ случаяхъ поверхность моря оставалась совсѣмъ спокойной или приходила только въ слабое волненіе, какъ это и наблюдалось во время землетрясенія въ Лигуріи.

Въ противоположность этой группѣ сейсмическихъ явленій извѣстны въ прибрежныхъ областяхъ такія землетрясенія, которыя вызывали сильное волненіе, распространявшееся по всему океану и достигавшее самыхъ отдаленныхъ береговъ. Съ давнихъ временъ казалось удивительнымъ, что значительныя волны появлялись только черезъ нѣсколько минутъ или даже черезъ четверть или полчаса послѣ удара. Передъ наступленіемъ волненія, вода даже отступала отъ берега. Во время землетрясе-

нія въ 1699 г. въ Катаніи морское дно обнажилось у берега на протяженіи 2000 нѣмецкихъ саженей, а во время другихъ землетрясеній воды океана отступали и дальше. Только по прошествіи значительнаго времени, иногда даже по истеченіи 3 часовъ (извѣстенъ 1 подобный случай), море возвращается къ своимъ прежнимъ границамъ, а воды его огромными волнами устремляются на берегъ. При землетрясеніи въ Консепсіонѣ въ Чили въ 1835 г. обратное движеніе воды началось только черезъ $^1/_2$ часа послѣ главнаго удара. За огромной волной, достигавшей въ высоту 6—7 м., на берегъ устремились еще болѣе сильныя, а потомъ болѣе слабыя волны. Черезъ каждыя 20—30 минутъ волненіе усиливалось, и только черезъ три дня море было спокойно. Во время другихъ землетрясеній, какъ, напр., въ *Арикѣ* въ 1873 г. и въ *Иквикѣ* въ Перу въ 1877 наблюдались противоположныя явленія: море сначала вздымалось, затѣмъ отступало отъ берега и, наконецъ, устремлялись на землю разрушительныя волны. Причины такого разнообразія въ послѣдовательности явленій еще не выяснены, но много недоразумѣній можетъ устраниться, если землетрясенія въ прибрежныхъ областяхъ мы будемъ разсматривать такъ-же, какъ *Рудольфъ* разсматриваетъ моретрясеніе вообще, т. е. предположимъ, что сильное волненіе вызывается подводнымъ изверженіемъ и что само землетрясеніе происходитъ отъ вулканическихъ причинъ. Слѣдуетъ однако замѣтить, что нѣкоторыя изъ этихъ землетрясеній по своему характеру вовсе не напоминаютъ вулканическія землетрясенія.

Во время нѣкоторыхъ особенно гибельныхъ землетрясеній наибольшія опустошенія были произведены волнами, и много людей погибло въ морской пучинѣ. Такъ было, напр., при землетрясеніи въ Лиссабонѣ. Послѣ перваго короткаго удара, на землю бросились грозныя волны, которыя поднимались, по однимъ сообщеніямъ, на 16, а по другимъ—на 40 ф. выше уровня моря во время сильнаго прилива. Какъ было упомянуто въ началѣ этой главы, онѣ произвели страшныя опустошенія и поглотили множество человѣческихъ жертвъ: число погибшихъ достигаетъ 60,000 (?). Во время сильнаго землетрясенія 28 октября 1724 года, разрушившаго городъ *Лиму* въ Перу, былъ залитъ моремъ прибрежный городъ *Каллао:* огромныя волны, достигавшія 80 ф. въ высоту, ниспровергли всѣ зданія и уничтожили почти все населеніе. Изъ 23 кораблей, стоявшихъ въ гавани, 19 потонуло, а 4 были выброшены на сушу на разстояніе въ 1 часъ пути отъ берега.

Волненіе, вызываемое землетрясеніемъ, распространяется на чрезвычайно огромныя пространства. Какъ уже было упомянуто на стр. 298, волны, вызванныя землетрясеніемъ 1 ноября 1755 г. у береговъ Португаліи, прошли весь Атлантическій океанъ и достигли Америки. Волны южно-американскихъ землетрясеній распространяются по всему Тихому океану, достигаютъ береговъ Австраліи, восточной Азіи и границы плавающихъ льдовъ на Южномъ Ледовитомъ океанѣ. Волны, вызванныя землетрясеніями въ Японіи, доходятъ до береговъ Калифорніи. Опустошенія причиняемыя ими, охватываютъ огромныя пространства. Сколько страшныхъ бѣдствій несутъ, быть можетъ, эти волны жителямъ низменныхъ коралловыхъ острововъ Тихаго океана, возвышающихся надъ уровнемъ моря на нѣсколько футовъ, и ни объ одной изъ этихъ катастрофъ мы не имѣемъ свѣдѣній.

Любопытны наблюденія надъ скоростью распространенія этихъ волнъ. Точныя изслѣдованія были произведены Гохштеттеромъ надъ землетрясеніемъ въ *Арикѣ* въ 1868 г., Гейницомъ и Мильномъ надъ землетрясеніемъ въ *Иквикѣ* въ 1877 г., но особенно тщательно изучались волны, вызванныя знаменитымъ изверженіемъ Крака-

тау. Всѣ эти изслѣдованія показали, что скорость распространенія волнъ на глубинѣ 20—30 м. равно 20 м., на глубинѣ 1,000 м.—100 м. и на глубинѣ 4,000—200 м. въ 1 секунду. Такимъ образомъ наблюденія надъ скоростью распространенія волнъ могутъ служить для опредѣленія глубины океана. Найденныя этимъ путемъ цифры вполнѣ совпадаютъ съ тѣми, которыя даютъ непосредственное измѣреніе. Волны, вызванныя землетрясеніемъ въ Африкѣ и распространившіяся по всему Великому океану, достигали у береговъ Новой Зеландіи 3 м. въ высоту. Онѣ распространились до Сандвичевыхъ острововъ въ теченіи $12^1/_2$ часовъ: обыкновенный приливъ проходитъ то же разстояніе въ 13 часовъ. Такимъ образомъ, скорость волнъ при моретрясеніяхъ приблизительно равна скорости распространенія приливной волны.

Всемірный потопъ.

Заканчивая наше знакомство съ землетрясеніями, остановимся на той грозной катастрофѣ, которая разыгралась на зарѣ человѣческой исторіи и извѣстна подъ названіемъ потопа. Воспоминанія о ней сохранились въ сказаніяхъ многихъ народовъ, и нѣтъ никакого сомнѣнія, что въ основаніи послѣднихъ лежитъ дѣйствительное событіе. Вопросъ объ этомъ величественномъ явленіи чрезвычайно занималъ геологовъ, но, несмотря на обстоятельныя изслѣдованія, не удалось еще окончательно рѣшить его. Многіе ученые видѣли причину потопа въ таяніи огромныхъ глетчеровъ въ концѣ ледниковой эпохи. Въ самое послѣднее время Зюссъ разработалъ гипотезу о потопѣ съ совершенно новой точки зрѣнія и далъ весьма вѣроятное объясненіе этого явленія.

Много сходства съ библейскимъ описаніемъ потопа представляютъ клинообразныя надписи на глиняной посудѣ, найденной въ древнихъ ассирійскихъ городахъ. Эти драгоцѣнные остатки старины были извлечены во время раскопокъ Ниневіи. Цѣлый рядъ древнѣйшихъ сочиненій былъ начертанъ на нихъ, главнымъ образомъ въ царствованіе Ассурбанипала въ VII вѣкѣ до Р. Х. Въ ряду другихъ произведеній народнаго эпоса найдена поэма объ Издубарѣ, состоящая изъ 12 пѣсней и заключающая въ себѣ эпизодъ о всемірномъ потопѣ. Герой Издубаръ отправляется въ путешествіе къ устью Евфрата и Тигра, гдѣ живетъ его божественный прародитель Хасисъ-Адра, безсмертный ассирійскій Ной. Послѣдній разсказываетъ Издубару приключенія своей жизни и между прочимъ сообщаетъ о своемъ спасеніи отъ потопа: великіе боги рѣшили потопить древній городъ Сурипакъ, который лежалъ у прежняго устья Евфрата, т.-е. на значительномъ удаленіи отъ современнаго берега моря. Эа, богъ моря, предостерегаетъ Хасиса-Адру о грядущемъ потопѣ и велитъ ему построить корабль. На этотъ корабль онъ долженъ перебраться со всею семьей, домашнимъ скотомъ и птицами, перенести туда имущество и сдѣлать достаточный запасъ пищи. Хасисъ-Адра сначала отговаривается, но потомъ принимается за работу, строитъ корабль, смазываетъ его изнутри и снаружи горною смолой, переноситъ на него всѣ свои богатства, приводитъ различныхъ звѣрей, дѣлаетъ запасы корма и перебирается на судно со всею семьей. Начинается грозная буря, вода выходитъ изъ береговъ, и богъ непогоды поднимаетъ на морѣ страшныя волны. На землю спускается мракъ, 6 дней и 7 ночей длятся опустошенія. Наконецъ, буря стихаетъ, воды вступаютъ въ свои берега, и корабль останавливается въ мѣстности, расположенной къ юго-

востоку отъ Ниневіи на холмахъ Низиръ, окаймляющихъ месопотамскую низменность. Подобно Ною, Хасисъ-Адра выпускаетъ птицу, великій богъ Белъ обѣщаетъ, что потопа болѣе не будетъ, и богиня Истара дѣлаетъ знаменіемъ завѣта огромную дугу Ани, появляющуюся на небѣ послѣ дождя (радуга) и т. д.

Сходство библейскихъ преданій и пѣсни объ Издубарѣ заставляетъ предположить, что они имѣютъ общій источникъ или развились одна изъ другой. Является вопросъ: которое изъ сказаній древнѣе — еврейское, вышедшее изъ долины Іорданской, или ассирійское, сложившееся у низовьевъ Евфрата. Въ пользу послѣдняго предположенія говоритъ уже то, что по смыслу ассирійской поэмы высочайшія горы не были залиты водою; кромѣ того, пѣсни объ Издубарѣ обнаруживаютъ болѣе близкое знакомство съ кораблестроеніемъ. Съ другой стороны, въ ассирійскомъ сказаніи мы находимъ явный мѣстный отпечатокъ: дѣйствіе происходитъ въ долинѣ Евфрата, обстановка носитъ національный характеръ. Наоборотъ, въ библейскомъ сказаніи нѣтъ никакого указанія на Палестину; любопытно, что въ послѣднемъ заключаются черты, повидимому заимствованныя изъ Месопотаміи. Хасисъ-Адра смазалъ горною смолою свой корабль снаружи и снутри, — то же сдѣлалъ и Ной. Поразительно, что эта подробность, кажущаяся на первый взглядъ далеко не существенной, совпадаетъ въ обоихъ сказаніяхъ. Сходство было бы совершенно непонятнымъ, если бы рѣчь шла объ обыкновенномъ кораблестроеніи. Но всѣ недоразумѣнія устраняются, благодаря сообщенію путешественника *Черника*, который разсказываетъ о современномъ способѣ постройки кораблей на Евфратѣ для перевозки нефти: „Довольствуются приготовленіемъ грубаго остова судна: онъ плетется изъ тамарисковыхъ прутьевъ, промежутки закладываются соломой и тростникомъ, снаружи и изнутри судно обильно смазывается асфальтомъ. Несмотря на простоту постройки, такія баржи выдерживаютъ относительно большія тяжести“. Отсюда видно, что и въ настоящее время суда строятся въ Месопотаміи такъ же, какъ и тысячи лѣтъ назадъ: главнымъ матеріаломъ служатъ богатыя залежи асфальта, который уже во время Нимрода употреблялся для построекъ. Цѣлый рядъ подобныхъ соображеній приводитъ къ выводу, что ассирійское сказаніе древнѣе еврейскаго: послѣднее вышло изъ *месопотамской низменности, которая и была мѣстомъ грозной катастрофы*.

Является второй вопросъ: *какія естественныя причины вызвали потопъ?* Можно было бы предположить, что причиною катастрофы были сильные ливни, заставившіе рѣки выступить изъ береговъ и произвести грозныя опустошенія на протяженіи всей низменности, гдѣ нѣтъ ни холма, ни горы, на вершинахъ которыхъ люди могли бы искать защиты. Но этому предположенію противорѣчитъ слѣдующее обстоятельство: такой потопъ долженъ бы былъ распространяться сверху внизъ, и судно Хасиса-Адры приплыло бы въ Персидскій заливъ; на самомъ же дѣлѣ оно остановилось недалеко отъ древняго устья у города Суриппака, т.-е. на довольно значительномъ удаленіи отъ моря. Такимъ образомъ потопъ распространялся отъ берега внутрь страны. Заслуживаетъ вниманія, что и библейское сказаніе допускаетъ такое же объясненіе. Въ дословномъ переводѣ соотвѣтствующее мѣсто будетъ: „Я наведу на землю потопъ водный“; но при другомъ толкованіи еврейскаго текста возможенъ и слѣдующій переводъ: „потопъ морской“.

Если мы допустимъ, что потопъ распространялся съ моря, то область догадокъ о причинахъ катастрофы значительно съуживается. Извѣстно, что огромныя массы воды устремляются на сушу и производятъ страшныя опустошенія только

вслѣдствіи двухъ причинъ, — такія катастрофы вызываются или землетресеніями (о нихъ мы уже говорили), или же вихрями, которые въ тропическихъ странахъ гонятъ къ плоскимъ берегамъ огромныя волны. Послѣднія достигаютъ устьевъ большихъ рѣкъ и производятъ въ общемъ еще болѣе гибельныя опустошенія, чѣмъ землетрясенія. Такіе потопы случаются очень часто въ дельтахъ Ганга и Брамапутры вслѣдствіи циклоновъ, движущихся по Бенгальскому заливу, на сѣверъ. Во время наводненія, случившагося въ ночь съ 11 на 12 октября 1737 г. и сопровождавшагося землетрясеніемъ, воды Ганга поднялись на 12,1 м. выше своего обычнаго уровня и поглотили въ своихъ волнахъ до 300,000 человѣкъ. Недавно случилась катастрофа съ такими же гибельными послѣдствіями. Въ ночь съ 31 октября на 1 ноября 1876 года у устья Брамапутры поднялся страшный вихрь, и въ тотъ моментъ, когда только что начался отливъ морской воды, произошелъ потопъ. Волны, образованныя бурей, и воды. нагнанныя приливомъ, съ страшной яростью устремились на землю, залили площадь въ 141 кв. географической мили и поднялись надъ поверхностью земли на 13,7 м. Изъ всего населенія, достигавшаго приблизительно 1.000,000, погибло по однимъ извѣстіямъ 215,000, по другимъ — 100,000. Остальные избѣжали гибели, взобравшись на высокія деревья, которыя въ той мѣстности растутъ около каждаго дома.

Обращаясь къ вопросу о причинахъ потопа, мы находимъ въ поэмѣ объ Издубарѣ весьма важныя указанія. Богъ моря Эа предупредилъ Хасиса-Адру о грядущемъ потопѣ и велѣлъ ему построить корабль. Очевидно, что главной катастрофѣ предшествовалъ періодъ слабыхъ землятресеній, сопровождавшихся небольшими наводненіями; послѣднія и навели Хасиса-Адру на мысль о постройкѣ корабля, на которомъ онъ могъ бы спастись въ случаѣ сильнаго потопа. Догадка о существованіи землетрясеній въ это время и объ изліяніи почвенныхъ водъ, что вообще часто наблюдается во время землетрясеній въ дельтахъ рѣкъ, находитъ подтвержденіе въ одномъ мѣстѣ ассирійской поэмы. Послѣднее въ древнемъ переводѣ значитъ: „Адаръ непрерывно наводняетъ рѣки. Аннунаки (боги глубинъ) несутъ потопы и потрясаютъ своимъ могуществомъ землю“. Новѣйшія изслѣдованія показали, что такой способъ чтенія не вѣренъ; но это не вноситъ существенныхъ измѣненій въ объясненіе наводненія, такъ какъ и въ Библіи говорится, что „въ этотъ день разверзлись всѣ источники великой бездны“.

На ряду съ этимъ въ сказаніяхъ упоминается о сильныхъ буряхъ и мракѣ, которыми часто сопровождаются циклоны. Такимъ образомъ можно допустить, что на причины потопа имѣли извѣстное вліяніе и метеорологическія явленія. Извѣстно нѣсколько случаевъ, когда землетрясенія сопровождались циклонами и сильными бурями. Ниже мы увидимъ, что землетрясенія совпадаютъ съ низкимъ положеніемъ барометра и бурями. Хотя связь между этими двумя родами явленій не можетъ быть отрицаема, но низкое давленіе атмосферы, конечно, не является причиной землетрясенія, а служитъ только послѣднимъ толчкомъ, который нарушаетъ неустойчивое равновѣсіе земной коры. Его роль аналогична дѣйствію искры, которая вызываетъ взрывъ заранѣе заготовленной мины.

Путемъ вышеизложенныхъ разсужденій Зюссъ пришелъ къ объясненію той ужасной катастрофы, сказанія о которой положили важный отпечатокъ на воззрѣнія большей части человѣчества и оказали огромное вліяніе на развитіе геологіи. Результаты изслѣдованій Зюсса сводятся къ слѣдующему:

1) „Явленіе природы, извѣстное подъ именемъ потопа, происходило въ нижнемъ теченіи Ефрата и выразилось сильнымъ наводненіемъ, залившимъ всю месопотамскую низменность.

2) „Одною изъ важнѣйшихъ причинъ этого явленія было довольно сильное землетрясеніе въ Персидскомъ заливѣ, или къ югу отъ него; этому землетрясенію предшествовали многократныя слабыя колебанія почвы.

3) „Весьма вѣроятно, что въ періодъ сильныхъ подземныхъ ударовъ изъ Персидскаго залива надвинулся въ эти мѣста циклонъ.

4) „Преданія другихъ народовъ не даютъ ни малѣйшаго повода думать, что наводненіе распространилось за предѣлы нижняго теченія Тигра и Ефрата и тѣмъ болѣе, что оно охватило всю землю.

„Главнѣйшія черты этого явленія представляются въ слѣдующемъ видѣ: въ теченіи продолжительнаго сейсмическаго періода подъ вліяніемъ подземныхъ ударовъ, воды Персидскаго залива неоднократно устремлялись въ низменность Евфрата. Обезпокоенный этими наводненіями осторожный Хасисъ-Адра. какъ бы по божественному предостереженію, строитъ корабль, на которомъ бы онъ могъ спасти свою семью, и смазываетъ его асфальтомъ, какъ это дѣлается и теперь на Евфратѣ. Колебанія почвы усиливаются. Хасисъ-Адра съ семьей бѣжитъ на судно; черезъ трещины, прорѣзавшія низменность, выступаютъ почвенныя воды. Большое давленіе атмосферы, сопровождавшееся страшной бурей и дождемъ, а, можетъ быть, и настоящимъ циклономъ, который надвинулся изъ Персидскаго залива, является спутникомъ землетрясенія въ тотъ моментъ, когда оно достигаетъ своей высшей силы. Море устремляется на равнину, опустошаетъ ее, поднимаетъ судно, гдѣ ютятся люди, ищущіе спасенія, и гонитъ его въ глубь страны къ тѣмъ холмамъ, которые у устья Малаго Цаба ограничиваютъ низменность Тигра съ сѣвера и сѣверо-востока“ *).

Причины землетрясеній.

Вопросъ о причинѣ землетрясеній занималъ человѣка съ самыхъ древнихъ временъ, и для объясненія этихъ явленій созидалось множество разнообразныхъ гипотезъ и теорій. Первобытному человѣку колебанія почвы казались проявленіемъ сверхъестественныхъ силъ или слѣдствіемъ баснословныхъ причинъ: онъ приписывалъ ихъ черепахамъ и китамъ, которые будто бы подкапываютъ землю. На болѣе прочной почвѣ стоятъ объясненія древнихъ философовъ; хотя они лишены фактическихъ основаній, но содержатъ немало вѣрныхъ идей. Одни изъ философовъ видѣли причину землетрясеній въ обвалахъ подземныхъ пустотъ, другіе приписывали

---

*) Гипотеза *Зюсса* встрѣтила возраженіе со стороны *Солласа (Sollas).* Этотъ ученый пытался доказать, что сказанія о потопѣ являются мифомъ, который сложился подъ впечатлѣніемъ самыхъ обычныхъ наводненій, случающихся въ низовьяхъ большихъ рѣкъ. *К. Шмидтъ* разобравъ подробно халдейскую легенду объ Издубарѣ, нашелъ въ ней несомнѣнныя указанія на циклонъ и землетрясеніе и привелъ новые доводы въ пользу объясненія, предложеннаго *Зюссомъ.* Точно также и *Жирардъ (Raymond Girard)* считаетъ потопъ естественнымъ явленіемъ. Такимъ образомъ геологическія гипотезы подтверждаютъ фактъ библейскаго сказанія. Подробности о потопѣ можно найти въ статьѣ *И. Мушкетова* „Сказанія о потопахъ“ („Горный Журналъ“ 1895 г., т. IV, стр. 749—486).

Прим. перев.

ихъ водѣ, третьи—внутреннему огню. Во всѣхъ этихъ объясненіяхъ видны уже зачатки большинства современныхъ теорій. При новомъ пробужденіи интереса къ естественнымъ наукамъ и особенно къ геологіи послѣ долгаго средневѣковаго застоя, выступили многичесленныя гипотезы землетрясеній. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали разбирать всѣ попытки объясненій, коковыя теперь окончательно отвергнуты и къ числу которыхъ принадлежитъ гипотеза *Перрея*, видѣвшаго причины землетрясеній въ приливахъ и отливахъ огненножидкаго ядра земли. Мы ограничимся только разборомъ тѣхъ теорій, которыя сохраняютъ свое значеніе и въ настоящее время. Изъ числа ихъ прежде всего должно быть разсмотрѣно три. Первая приписываетъ главную роль размывающей дѣятельности воды, которая способствуетъ образованію пустотъ; вслѣдствіи обвала послѣднихъ и происходятъ землетрясенія. Вторая гипотеза ищетъ причину явленія въ вулканической дѣятельности, происходящей на поверхности и въ глубинахъ; наконецъ, третья выдвигаетъ на первый планъ геологическое строеніе мѣстности и ставитъ колебанія почвы, по крайней мѣрѣ, большую часть ихъ, въ связь съ процессами, созидающими рельефъ земной поверхности: словомъ, она разсматриваетъ землетрясенія, какъ частное проявленіе горообразующихъ силъ.

Немногіе геологи станутъ отрицать, что *землетрясенія возникаютъ при различныхъ условіяхъ и что каждая изъ указанныхъ причинъ дѣйствуетъ въ томъ или другомъ случаѣ.* Разнообразіе мнѣній заключается главнымъ образомъ въ вопросѣ о томъ, насколько важенъ каждый изъ этихъ трехъ дѣятелей и которому изъ нихъ слѣдуетъ отвести преобладающую роль. Для геолога несомнѣнно, что вода, проникающая въ почву, растворяетъ и уноситъ ея составныя части. Наиболѣе сильно проявляется эта дѣятельность тамъ, гдѣ залегаетъ гипсъ или известняки. Въ томъ и въ другомъ случаѣ часто образуются пустоты и воронкообразныя углубленія. Съ теченіемъ времени пустоты эти обрушиваются и, какъ мы видѣли выше на примѣрѣ обвалившихся каменноугольныхъ копей въ Кенигсхютте (стр. 373), вызываютъ землетрясенія.

Этотъ видъ землетрясеній называютъ землетрясеніями отъ обваловъ (Einsturzbeben). Названіе не совсѣмъ правильно, такъ такъ многія изъ тѣхъ колебаній почвы, которыя обыкновенно ставятъ въ связь съ процессами горообразованія, сводятся также къ обваламъ. Различіе заключается только въ способѣ образованія пустотъ. Въ настоящемъ случаѣ онѣ происходятъ вслѣдствіи растворенія водою горныхъ породъ. Поэтому движенія почвы, вызываемыя обвалами этихъ пустотъ, слѣдовало бы назвать землетрясеніями отъ *выщелачиванія* (Auswäschungsbeben) или просто *нептуническими* землетрясеніями. Землетрясенія этого рода при извѣстныхъ условіяхъ могутъ быть очень сильны и разрушительны: въ области Карста извѣстны случаи, когда нѣсколько домовъ вмѣстѣ съ ихъ жителями обрушивались въ глубину. Съ другой стороны эти землетрясенія въ виду ихъ происхожденія имѣютъ ограниченное распространеніе и отражаются только въ ближайшихъ окрестностяхъ обвала. Сотрясенія почвы, распространяющіяся на большомъ пространствѣ, очевидно не могутъ быть объяснены этимъ способомъ.

Одно время всѣ землетрясенія объяснились вулканическими силами. Конечно, нѣтъ никакого сомнѣнія, что часть сейсмическихъ явленій обязана имъ своимъ происхожденіемъ. Достаточно наблюдать вулканъ въ періодъ его сильной дѣятельности, когда при каждомъ взрывѣ, выбрасывающемъ шлаки, послѣ него и передъ его на-

ступленіемъ, сотрясается дно кратера. Сюда же относятся и тѣ страшные подземные удары, которые слышатся въ окрестностяхъ горы передъ началомъ ея изверженія. Эти землетрясенія обусловливаются взрывами газовъ, которые еще не могутъ преодолѣть давленія лежащихъ подъ ними массъ. Хотя подобныя колебанія почвы достигаютъ большой силы и не ограничиваются такимъ незначительнымъ пространствомъ, какъ землетрясенія, происходящія отъ обваловъ, они все же не имѣютъ широкаго распространенія. Эти землетрясенія можно назвать *вулканическими* (вѣрнѣе „землетрясеніями отъ взрывовъ“, (Explosionsbeben). На практикѣ они не могутъ быть рѣзко отграничены отъ тѣхъ землетрясеній, которыя имѣютъ большое распространеніе и стоятъ въ связи въ вулканическими процессами и по времени, и по мѣсту ихъ дѣйствія, но происходятъ вслѣдствіи другихъ причинъ. Если въ одной и той же области происходятъ землетрясенія и наблюдаются дѣйствующіе вулканы и если между тѣми и другими явленіями замѣчается извѣстная связь, то мы невольно видимъ причину землетрясенія въ дѣятельности вулкана; но стоитъ только расширить наблюденія, и мы поймемъ, что при тѣхъ же геологическихъ условіяхъ въ другихъ мѣстахъ происходятъ землетрясенія такого же характера, безъ всякаго сопровождеденія вулканическими явленіями. Отсюда несомнѣнно, что между обоими явленіями нѣтъ непосредственной зависимости; землетрясенія и изверженія вулкановъ происходятъ вслѣдствіе нѣкоторой третьей причины.

Причину эту слѣдуетъ искать въ тѣхъ процессахъ, которые производятъ существенныя измѣненія въ распредѣленіи массъ земной коры. Нѣкоторыя землетрясенія стоятъ въ связи съ строеніемъ горъ и съ направленіемъ дислокаціонныхъ линій; они носятъ потому названіе *тектоническихъ* землетрясеній (tektonische Beben, Structurbeben, Dislokationsbeben). Не слѣдуетъ, однако, думать, что эти землетрясенія представляютъ группу, однородную съ двумя отмѣченными выше, т.-е. съ нептуническими и вулканическими землетрясеніями. Двѣ только что названныя группы охватываютъ землетрясенія, имѣющія незначительное мѣстное распространеніе. Онѣ подавляются огромнымъ большинствомъ болѣе важныхъ тектоническихъ землетрясеній, которыя распадаются въ свою очередь, какъ это мы выяснимъ дальше, на нѣсколько самостоятельныхъ группъ. Расположеніе вулкановъ и областей, подверженныхъ частымъ землетрясеніямъ, стоитъ въ связи съ направленіемъ горныхъ хребтовъ, а также съ тѣми низменностями и морями, которыя располагаются у краевъ складчатыхъ горъ. Связь эта была подмѣчена геологами уже давно, но только въ самое послѣднее время она обратила на себя должное вниманіе и была подробно изслѣдована. Работы *Зюсса*, предпринятыя въ этомъ направленіи, совершенно измѣнили прежніе взгляды на землетрясенія, вулканы и горообразующіе процессы. *Землетрясенія происходятъ преимущественно вблизи складчатыхъ горъ*. Иногда они наблюдаются у трещинъ, прорѣзывающихъ горы, и достигаютъ особенной силы тамъ, гдѣ въ хребтѣ образовались котлообразныя выемки, иногда сосредоточиваются въ большихъ областяхъ опусканія, которыя обыкновенно лежатъ у крутыхъ обрывовъ складчатыхъ горъ (какъ, напр., долина рѣки По въ Италіи). Связь тектоническихъ землетрясеній съ главными линіями, по которымъ происходитъ перемѣщеніе земной коры, привела къ убѣжденію, что эта группа сейсмическихъ явленій является слабымъ проявленіемъ горообразующихъ процессовъ, непосредственно наблюдаемымъ и ощущаемымъ на поверхности.

Весьма важные факты, подтверждающіе такое воззрѣніе, были получены въ

послѣднее время, благодаря изслѣдованіямъ въ Азіи. Въ литературѣ имѣется немало указаній на явленія перемѣщенія земной коры (дислокаціи), которыми сопровождались землетрясенія. Но при ближайшей провѣркѣ подобныя сообщенія или вовсе не подтверждаются, или же остаются гадательными. По этому землетрясеніе въ средней Японіи 20 октября 1891 г. представляетъ для геологовъ весьма важное значеніе. Эта грозная катастрофа, погубившая болѣе 7,279 человѣкъ и совершенно

Рис. 228. Трещина, образованная при землетрясеніи въ Мидори, въ Японіи. (По Кото.)

разрушившая много цвѣтущихъ мѣстечекъ, сопровождалась образованіемъ прямолинейной сбросовой трещины, которая прорѣзала горы и долины и тянулась на протяженіи 40 англійскихъ миль. *Кото* подробно изслѣдовалъ это замѣчательное явленіе (см. рис. 228). Трещина простирается въ сѣверо-западномъ направленіи, идетъ черезъ Нео-талъ къ Хаку-сану и далѣе къ Фукуи въ округѣ Эхизенъ и пересѣкаетъ горы подъ острымъ угломъ. Къ сѣверо-востоку отъ этой трещины, почти на всемъ ея протяженіи почва осѣла почти на 6 м. и только въ одномъ мѣстѣ у Мидори поднялась. Образованіе трещины сопровождалось сдвигомъ (перемѣщеніемъ почвы въ горизонтальномъ направленіи) на 1—4 м. къ сѣверо-востоку. Слѣды этого движенія особенно ясно видны тамъ, гдѣ трещина прорѣзала проѣзжія дороги, канавы или поля, засаженныя деревьями (см. рис. 229). Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ трещина проходитъ черезъ рыхлыя алювіальныя отложенія, она закрыта сверху щебнемъ и имѣетъ видъ полосы, вспаханной гигантскимъ плугомъ, или напоминаетъ подземный ходъ огромнаго крота. *Кото* невольно припомнились народныя японскія сказанія, по которымъ землетрясенія

производятся подземными акулами и другими фантастическими животными. Отсюда естественно предположить, что уже на зарѣ человѣческой исторіи происходили подобныя же явленія, сильно возбуждавшія воображеніе человѣка. Вдоль трещины Нео располагается поясъ наибольшихъ опустошеній (плейстосейстовая область); онъ тянется на протяженіи 10 км. въ ширину и 50 км. въ длину. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что трещина была не слѣдствіемъ, а причиной землетрясенія. Землетрясеніе въ средней Японіи въ 1891 г. навсегда останется классическимъ примѣромъ тектоническаго землетрясенія.

Землетрясеніе это представляетъ интересъ и въ другомъ отношеніи. Какъ показали точныя изслѣдованія, оно вызвало другое *побочное* или *отраженное землетрясеніе* (Relaisbeben). Одновременно съ землетрясеніемъ въ Мино и Овари наблюдались колебанія почвы въ Хиконе у озера Бива, при чемъ широкій участокъ расположенный между этими мѣстностями, былъ почти спокоенъ. Вѣроятно, что въ земной корѣ у озера Биба существовало какое то напряженіе, которое подъ вліяніемъ сейсмическихъ волнъ, распространявшихся изъ Мино и Овари, разрѣшилось колебаніемъ почвы.

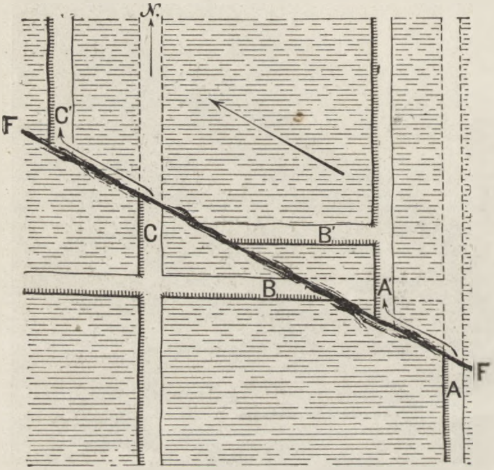


Рис. 229. Перемѣщенія частей земной коры, происшедшія вдоль трещины, образовавшейся въ Мидори въ Японіи: A, B, C — дороги до землетрясенія; A', B', C', — дороги послѣ землетрясенія; FF — трещина.

Другое, хотя и не столь сильное перемѣщеніе земной коры вдоль трещины произошло при землетрясеніи въ Кветтѣ, въ Белуджистанѣ, 20 декабря 1892 г. Трещина образовалась у восточныхъ склоновъ хребта Каджакъ и тянулась параллельно ему на протяженіи 20 км. Между Санцаломъ и древнимъ Чаманомъ она пересѣкла желѣзнодорожный путь подъ угломъ въ 15—20^0 и образовала въ рельсахъ языкъ, направленный на востокъ (см. рис. 230). Когда рельсы были замѣнены новыми, то желѣзнодорожная линія сократилась въ этомъ мѣстѣ приблизительно на 80 сантим. Появленіе трещины сопровождалось горизонтальнымъ движеніемъ почвы и осѣданіемъ ея съ западной стороны на 20 — 30 сантим. Такимъ образомъ по характеру происшедшаго перемѣщенія это землетрясеніе сходно съ средне-японскимъ, но уступаетъ ему въ силѣ: здѣсь не было такихъ страшныхъ опустошеній. Подобныя же искривленія желѣзнодорожныхъ рельсъ *Дуттонъ* наблюдалъ у самаго эпицентра Чарльстонскаго землетрясенія, но считалъ ихъ вторичнымъ явленіемъ.

Полное выясненіе тектоническихъ землетрясеній можетъ быть сдѣлано только при знакомствѣ съ горообразующими процессами и строеніемъ горъ. Сказаннымъ мы пока и ограничимся съ тѣмъ, чтобы вернуться впослѣдствіи къ занимающему насъ предмету.

Способы изслѣдованія землетрясеній.

Познакомившись съ общимъ характеромъ землетрясеній и выяснивъ ихъ причины, обратимся къ разсмотрѣнію тѣхъ *способовъ изслѣдованія*, которыми пользуются геологи при изученіи этихъ явленій. Съ этою цѣлью 1) собираются статистическія свѣдѣнія о сейсмическихъ явленіяхъ и составляются каталоги землетрясеній; 2) по времени, когда одно и то-же землетрясеніе проявляется въ различныхъ мѣстахъ, находятъ положеніе эпицентра и глубину гнѣзда, наконецъ, 3) по тѣмъ разрушеніямъ,

Рис. 230. Рельсы, передвинутые горизонтальнымъ движеніемъ почвы при землетрясеніи у Санцала въ 1892 г. (По Грисбаху.)

которыя произвело землетрясеніе, опредѣляютъ характеръ сотрясеній. Кромѣ того, сотрясенія почвы отмѣчаются самопишущими аппаратами, — такъ называемыми *сейсмографами.* На основаніи всего этого матеріала ученые пытаются установить связь между распредѣленіемъ отдѣльныхъ землетрясеній и большими тектоническими линіями; существованіе такой связи должно служить къ подтвержденію причинной зависимости между сейсмическими явленіями и горообразующими процессами.

Статистическимъ методомъ пользуются уже съ давнихъ временъ и въ широкихъ размѣрахъ, но результаты, полученные этимъ путемъ, обладаютъ довольно сомнительнымъ достоинствомъ. Въ рукахъ тѣхъ изслѣдователей, которые не вполнѣ осторожны въ обращеніи съ статистическимъ матеріаломъ, этотъ методъ уже самъ по себѣ является источникомъ многихъ заблужденій даже при достаточномъ количествѣ наблюденій. Но если мы припомнимъ, что наши записи не отмѣчаютъ и тысячной

доли всѣхъ колебаній почвы, то отнесемся съ еще большимъ недовѣріемъ къ статистикѣ землетрясеній. Особенно сомнительно достоинство тѣхъ каталоговъ, которые охватываютъ всѣ страны земли и собираютъ матеріалъ о землетрясеніяхъ изъ газетныхъ сообщеній. Само собою разумѣется, что сейсмическія явленія, происходящія на небольшомъ протяженіи Европы, подавляютъ своимъ огромнымъ числомъ извѣстія о всѣхъ остальныхъ землетрясеніяхъ. На такомъ шаткомъ основаніи невозможно строить законы землетрясеній и тѣмъ болѣе распространять ихъ на всю землю. Гораздо выше достоинство тѣхъ спеціальныхъ каталоговъ, которые составляются нѣкоторыми учеными только для ихъ страны. Среди такихъ каталоговъ выдающееся мѣсто занимаетъ каталогъ, составленный *Ю. Шмидтомъ* въ Аѳинахъ; онъ охватываетъ Грецію и всѣ окрестности Эгейскаго моря *). Изъ сопоставленія фактовъ, приводимыхъ *Шмидтомъ*, а также *Перреемъ* и *Фуксомъ* въ ихъ каталогахъ, усматривалась извѣстная связь между фазами луны и землетрясеніями. Значительное число послѣднихъ совпадаетъ съ новолуніемъ и полнолуніемъ.

Въ настоящее время въ пользу этого положенія нельзя привести сколько-нибудь убѣдительныхъ доводовъ; наоборотъ, *Монтесю де-Баллоръ* на основаніи чрезвычайно богатаго матеріала пришелъ къ заключенію, что между фазами луны и землетрясеніями не существуетъ никакой связи. Но если бы эта связь и была доказана, то отсюда еще нельзя выводить, что вліяніе луны является причиною землетрясеній. *Перрей*, одною изъ величайшихъ заслугъ котораго является составленіе каталога, пришелъ къ той гипотезѣ, которая и раньше высказывалась неоднократно въ болѣе или менѣе совершенной формѣ, но всегда предавалась забвенію; онъ предполагалъ, что въ огненно-жидкой внутренности земли происходятъ подъ вліяніемъ луны такіе же приливы и отливы, какъ и на морѣ, и что землетрясенія являются тѣми ударами, которые производятъ волны расплавленной массы на твердую земную кору. У береговъ морей во время полнолунія и новолунія, подъ вліяніемъ совмѣстнаго притя-

---

*) Выдающимся трудомъ въ области русской сейсмологіи является „Каталогъ землетрясеній Россійской Имперіи". Каталогъ этотъ представляетъ результатъ многолѣтнихъ трудовъ (около 20 лѣтъ) покойнаго А. П. Орлова, который задумалъ его еще въ 1869 г. подъ непосредственнымъ впечатлѣніемъ землетрясенія въ Иркутскѣ. Съ тѣхъ поръ А. П. Орловъ неутомимо собиралъ матеріалы изъ самыхъ разнообразныхъ источниковъ. Часть его труда появилась въ печати въ 1873 г. и составила первую главу его сочиненія. „О землетрясеніяхъ вообще и о землетрясеніяхъ южной Сибири и Туркестанской области въ особенности". Въ цѣломъ и систематическомъ видѣ, „Каталогъ" былъ напечатанъ уже послѣ смерти автора: онъ изданъ въ 1893 г. подъ редакціею И. Мушкетова и составилъ XXVI томъ „Записокъ Императорскаго Русскаго Географическаго Общества по общей географіи". Въ этомъ единственномъ сборникѣ свѣдѣній о русскихъ землетрясеніяхъ приводится болѣе 2500 фактовъ, и въ числѣ ихъ около 150 сообщеній о вулканическихъ изверженіяхъ въ Россіи, преимущественно въ Камчаткѣ. Въ большинствѣ каталоговъ, появившихся въ западной Европѣ, имѣются очень скудныя свѣдѣнія о землетрясеніяхъ въ Китаѣ и подвластныхъ ему областяхъ внутренней Азіи. Между тѣмъ изученіе китайскихъ лѣтописей показало, что страна эта, равно какъ и прилегающіе къ ней острова Великаго океана, издавна были театромъ разрушительныхъ землетрясеній. Въ виду этого А. П. Орловъ включилъ Китай въ число областей, обнимаемыхъ его каталогомъ. Къ каталогу приложена карта распространенія землетрясеній въ Россіи и обширный указатель источниковъ, откуда черпались свѣдѣнія, внесенныя въ каталогъ. Существеннымъ недостаткомъ изданія является отсутствіе алфавитнаго указателя по мѣстностямъ, что чрезвычайно затрудняетъ пользованіе каталогомъ.

Каталогъ заканчивается 1888 годомъ. Дальнѣйшимъ продолженіемъ его служатъ „Матеріалы для изученія землетрясеній въ Россіи", издаваемые Императорскимъ Географическимъ Обществомъ (подъ редакціею И. В. Мушкетова). Первый выпускъ „Матеріаловъ" напечатанъ въ приложеніяхъ къ XXVII тому (1891 г.) „Извѣстія И. Р. Географ. Общества". *Прим. перев.*

женія луны и солнца, происходитъ такъ называемый большой приливъ; въ то же время должно усиливаться волненіе огненнаго ядра земли и увеличиваться число землетрясеній. Эти взгляды были снова высказаны и въ самое послѣднее время; *Рудольфъ Фальбъ*, защитникъ этой невозможной и ни на чемъ не основанной гипотезы, старался придать ей сенсаціонный характеръ, дѣлалъ попытки предсказывать землетрясенія и распространялъ свои взгляды съ упорною горячностью; немудрено, что эта теорія, не смотря на свою несостоятельность, надѣлала много шуму и пріобрѣла въ публикѣ много сторонниковъ.

Какъ мы видѣли, увеличеніе числа землетрясеній во время полнолунія и новолунія—фактъ недоказанный, и весьма вѣроятно, что дальнѣйшія изслѣдованія не подтвердятъ его. Но если бы даже такая связь съ фазами луны оказалась несомнѣнной, то объяснить ее было бы легко: твердыя массы земли нельзя считать нечувствительными къ притягательному дѣйствію солнца и луны, и если гдѣ-нибудь въ земной корѣ нарушено равновѣсіе, и подготовлены такимъ образомъ условія для возникновенія землетрясенія, то чтобы послѣднее произошло, достаточно такого слабаго толчка, какъ притяженіе солнца и луны. На основаніи фактовъ, собранныхъ въ каталогахъ землетрясеній, дѣлался также выводъ, что наибольшее число землетрясеній происходитъ зимою и наименьшее—лѣтомъ. Съ другой стороны указывалось, что колебанія почвы чаще происходятъ ночью, чѣмъ днемъ. Послѣднее можно бы было объяснить тѣмъ, что при городской сутолокѣ и шумѣ днемъ легко не замѣтить слабыхъ ударовъ, между тѣмъ какъ ночью, при спокойномъ положеніи въ постели, чувствуются даже ничтожныя колебанія. Но на это можно возразить, что съ другой стороны ночью не трудно проспать слабое землетрясеніе.

Чтобы объяснить увеличеніе числа землетрясеній зимою, были предложены астрономическія гипотезы. Такъ какъ въ первые шесть мѣсяцевъ земля находится ближе къ солнцу, чѣмъ въ остальные шесть, то, казалось бы, здѣсь и слѣдуетъ искать причину явленія. Но пока не будетъ принято въ расчетъ годовое движеніе барометра и распредѣленіе дождей въ каждой сейсмической области, нельзя придти къ какому либо опредѣленному выводу: очень возможно, что увеличеніе числа землетрясеній зимою и уменьшеніе ихъ лѣтомъ объяснится вліяніемъ указанныхъ метеорологическихъ причинъ.

Къ вопросу о распредѣленіи землетрясеній по мѣсяцамъ, вернулись опять въ самое послѣднее время. Сопоставленіе 328 землетрясеній, происшедшихъ въ Норвегіи, начиная съ 1834 года, показало, что наибольшее число сейсмическихъ явленій дѣйствительно приходится на зиму и наименьшее на—лѣто. Если къ норвежскимъ землетрясеніямъ присоединить тѣ, которыя произошли въ Швейцаріи, то окажется, что наибольшее число ихъ было въ началѣ февраля и наименьшее въ серединѣ іюня. Путемъ сопоставленія землетрясеній, наблюдавшихся въ верхне-рейнской низменности, съ IX вѣка по настоящее время, было найдено, что главный максимумъ приходится на ноябрь, первый минимумъ—на апрѣль, второй меньшій максимумъ—на май, и самый сильный минимумъ на іюнь. 69,9 процентовъ землетрясеній произошло зимою и 30,1 процентовъ—лѣтомъ. Такое же распредѣленіе по временамъ года замѣчается и въ швейцарскихъ землетрясеніяхъ 1888—1891 года: изъ числа 74 колебаній почвы, происшедшихъ въ эти четыре года, $^2/_3$ приходятся на зимніе мѣсяцы. Отсюда слѣдовало бы заключить, что въ Европѣ наибольшее число землетрясеній падаетъ на январь; однако *Монтесю де-Баллоръ* отрицаетъ всякую зависимость между чис-

ломъ землетрясеній и временемъ года, но въ этомъ вопросѣ слѣдуетъ отдать предпочтеніе тѣмъ выводамъ, которые получены путемъ сопоставленія статистическихъ данныхъ одной и той же сейсмической области, какъ напр., верхне-рейнской низменности, Швейцаріи и др., а потому съ большимъ вѣроятіемъ можно допустить, что въ сѣверной и средней Европѣ наибольшее число землетрясеній происходитъ зимою *).

Нѣсколько болѣе обоснованнымъ можно считать положеніе, что землетрясенія чаще всего происходятъ *при низкомъ положеніи барометра* и нерѣдко сопровождаются бурями и ливнями. Само собою разумѣется, что и эти явленія не могутъ быть разсматриваемы, какъ причины землетрясеній: они служатъ только послѣднимъ толчкомъ, вызывающимъ сейсмическій взрывъ. Что такая связь, дѣйствительно существуетъ, показываютъ точныя сопоставленія фактовъ. Во время опустошительнаго землетрясенія въ *Вѣрномъ* 1887 г., которое длилось приблизительно два года, 71 процентъ ударовъ произошелъ при паденіи барометра и 29 процент. при повышеніи его, 61 процент. при давленіи ниже нормальнаго и 39 процент. при давленіи выше нормальнаго (*Вознесенскій).* Поразительные примѣры приводитъ Дарвинъ относительно Южной Америки: въ нѣкоторыхъ областяхъ этой части свѣта землетрясенія являются даже предвозвѣстниками дождей; даже сильные удары здѣсь не производятъ большихъ опустошеній и разрушаютъ только у туземцевъ хижины коекакъ построенные изъ тростника, отсутствіе же дождей грозитъ голодомъ; поэтому землетрясенія являются въ Америкѣ радостнымъ предвозвѣстникомъ богатой жатвы. Въ послѣднее время было обращено вниманіе, что зимою, когда происходитъ большее число землетрясеній, вообще давленіе атмосферы выше, чѣмъ лѣтомъ; отсюда сдѣлано заключеніе, что землетрясеніямъ благопріятствуетъ не низкое, а высокое по-

---

*) Что касается распредѣленія русскихъ землетрясеній по мѣсяцамъ и временамъ года, то данныя каталога настолько неравномѣрны, что выводы могутъ быть только приблизительными. Въ Сибири и средней Азіи наибольшее число землетрясеній приходится на холодное время года, т. е. на зиму и осень, на Кавказѣ же и въ Китаѣ—наоборотъ. Слѣдующая таблица показываетъ распредѣленіе русскихъ землетрясеній по временамъ года (въ періодъ охватываемый каталогомъ А. П. Орлова).

ВРЕМЯ ГОДА	Число дней съ землетрясеніями					
	Китай	Сибирь	Кавказъ и пограничныя земли	Средняя Азія	Европейская Россія съ Царствомъ Польскимъ и Финляндіей	Весь районъ, охватываемый каталогомъ А. П. Орлова
Зима (декабрь, январь, февраль)	123	177	209	47	71	626
Весна (мартъ, апрѣль, май).	181	160	166	23	31	561
Лѣто (іюнь, іюль, августъ).	239	123	188	44	34	628
Осень (сентябрь, октябрь, ноябрь)	137	141	96	87	57	518

Если же распредѣлить землетрясенія по мѣсяцамъ, и взять крайніе мѣсяцы (по разности ихъ температуры) т. е. январь и іюль, то окажется, что въ Китаѣ наибольшее число землетрясеній приходится на іюнь, въ Сибири—на январь, въ Средней Азіи—на іюнь, въ Европейской Россіи—на январь; для всего же района обнимаемаго каталогомъ, распредѣленіе землетрясеній по мѣсяцамъ приблизительно равномѣрно. Какъ слѣдуетъ изъ предыдущаго, почти повсюду въ другихъ странахъ землетрясенія преобладаютъ зимою, а не лѣтомъ. Противуположный выводъ, получающійся изъ сопоставленія данныхъ каталога русскихъ землетрясеній, можетъ быть, зависитъ отъ неполноты наблюденій и отъ неравномѣрности свѣдѣній, относящихся къ разнымъ областямъ.

Прим. перев.

ложеніе барометра. Другіе высказывали мнѣніе, что толчкомъ, вызывающимъ сейсмическое явленіе, служитъ и не повышеніе, и не пониженіе барометра, а просто быстрыя внезапныя перемѣны давленія *).

Результаты полученные путемъ статистическихъ изслѣдованій землетрясеній, были до сихъ поръ мало удовлетворительны. Тѣмъ не менѣе этотъ методъ можетъ оказать важныя услуги въ вопросѣ о сейсмическихъ явленіяхъ, и если мы въ настоящую минуту далеки отъ рѣшенія задачи, не смотря на огромное количество произведенныхъ изслѣдованій, то причина этого кроется въ неполнотѣ матеріала, а можетъ быть, и въ томъ, что онъ не всегда подвергался вполнѣ научной разработкѣ. Ученые все болѣе приходятъ къ убѣжденію, что статистическія изслѣдованія землетрясеній должны ограничиваться отдѣльными областями; при этомъ слѣдуетъ не только отмѣчать силу землетрясеній, но также принимать во вниманіе и тѣ метеорологическія явленія, которыя имъ сопутствуютъ. Самымъ безукоризненнымъ матеріаломъ, который имѣется въ настоящую минуту въ нашемъ распоряженіи являются записи *японскихъ* сейсмическихъ станцій, число которыхъ переходитъ за 650. Мы уже указывали, что въ Японіи происходитъ ежедневно приблизительно 2 землетрясенія и что въ 1888 и 1889 гг. число ихъ поразительно возросло. Но точныя данныя охватываютъ только небольшой промежутокъ времени въ 6 лѣтъ (1885—1890), а потому окончательные выводы не могутъ быть еще сдѣланы.

Подобно Японіи, систематическія наблюденія надъ землетрясеніемъ ведутся съ давнихъ поръ въ Италіи (гдѣ они и были начаты), въ Швейцаріи, въ Вюртембергѣ, Баденѣ, Гессенѣ, Голландіи и отчасти въ Калифорніи. Но только тогда, когда сѣть сейсмическихъ станцій охватитъ значительно бóльшее число государствъ и когда въ нашемъ распоряженіи будутъ находиться наблюденія за много десятилѣтій, можно будетъ надѣяться на полученіе несомнѣнныхъ выводовъ общаго характера. До сихъ поръ всѣ попытки статистическаго изслѣдованія землетрясеній были несовершенны и приводили только къ болѣе или менѣе вѣроятнымъ, но еще не окончательнымъ выводамъ**).

При изслѣдованіи землетрясенія, охватывающаго значительную область, ученые стараются найти точку, изъ которой оно распространяется и которую Орловъ называетъ *гнѣздомъ землетрясенія* (Erdbebenherd). Для рѣшенія этой задачи примѣняются различные способы, находящіеся теперь еще въ зачаточномъ состояніи и потому не могущіе привести къ точнымъ и опредѣленнымъ выводамъ, но нельзя сомнѣваться, что со временемъ они будутъ усовершенствованы и дадутъ важные резуль-

---

*) О связи землетрясеній съ другими явленіями природы см. книгу А. П. Орлова, „Землетрясенія и ихъ соотношенія съ другими явленіями природы", замѣтки по поводу землетрясеній 1887 года. Казань, 1887 г., 170 стран. Изложеніе популярное.

**) Попытка организовать правильныя набаюденія надъ землетрясеніями въ Россіи была сдѣлана Императорскимъ Русскимъ Географическимъ Обществомъ, которое выработало программу для наблюденія надъ сейсмическими явленіями (мы помѣщаемъ ее ниже) и устроило рядъ простыхъ сейсмическихъ станцій въ Семирѣченской области, Туркестанѣ и Восточной Сибири. Путемъ разсылки вопросныхъ листовъ въ мѣстности, охваченныя землетрясеніемъ удалось собрать разностороннія свѣдѣнія о большомъ Чиликскомъ землетрясеніи (въ Семирѣченской области) 30 іюня 1889 г. Сводка полученнаго матеріала дала возможность придти къ нѣкоторымъ общимъ заключеніямъ; такой успѣхъ перваго опыта даетъ право надѣяться, что при дальнѣйшемъ развитіи дѣла, начатаго И. Р. Г. Обществомъ, свѣдѣнія о русскихъ землетрясеніяхъ будутъ систематичнѣе и полнѣе.

Прим. перев.

таты. Въ основаніи подобныхъ изслѣдованій лежитъ допущеніе, что вертикальные удары распространяются изъ нѣкоторой точки или прямой линіи, лежащей на извѣстной глубинѣ подъ поверхностью земли. Путемъ непосредственныхъ наблюденій мы не можемъ найти этой точки, но опредѣляемъ то мѣсто на поверхности, подъ которымъ она лежитъ и которое испытываетъ поэтому вертикальные удары. Эта точка носитъ названіе *поверхностнаго центра* землетрясенія или *эпицентра*. Первая задача геолога, изслѣдующаго землетрясеніе, и заключается въ нахожденіи эпицентра, а вторая—въ опредѣленіи той глубины, на которой располагается гнѣздо.

Приблизительное опредѣленіе эпицентра производится очень простымъ способомъ: для этого опредѣляютъ ту область, гдѣ землетрясеніе носило наиболѣе опустошительный характеръ, и собираютъ свѣдѣнія очевидцевъ о направленіи ударовъ. Результаты, полученные при изслѣдованіи опустошеній, всего удобнѣе наносить на карту, которая и должна служить основаніемъ для всѣхъ дальнѣйшихъ выводовъ. Такъ напр., имѣя дѣло съ чрезвычайно сильнымъ землетрясеніемъ, отмѣчаютъ извѣстною краской всѣ тѣ мѣста, въ которыхъ дома были вполнѣ разрушены; области, гдѣ обвалились только нѣкоторыя зданія, отмѣчаются другою краской; мѣстности, гдѣ обвалились трубы, появились трещины въ стѣнахъ—третью краской; далѣе можно еще отличить мѣстности, гдѣ происходили сотрясенія, не причинившія никакого вреда и, наконецъ, слѣдуетъ отмѣтить, гдѣ почва оставалась совершенно спокойной. Конечно, въ зависимости отъ характера удара, разрушенія въ той или другой мѣстности представляютъ много особенностей; тѣмъ не менѣе можно подмѣтить, что землетрясеніе бываетъ наиболѣе опустошительнымъ въ серединѣ охваченной имъ области и носитъ наиболѣе слабый характеръ на ея окраинахъ. Это то и позволяетъ найти приблизительно эпицентръ землетрясенія.

Глубину гнѣзда подъ поверхностью земли опредѣлялъ знаменитый сейсмологъ *Маллетъ*. Способъ своихъ изслѣдованій онъ описалъ въ извѣстномъ сочиненіи о неаполитанскомъ землетрясеніи въ 1857 году. На рис. 231 буквою Z отмѣчено гнѣздо, или центръ землетрясенія, откуда и исходятъ удары. Линія CC изображаетъ земную поверхность. Если предположить, что массы, составляющія землю, всюду распредѣлены равномѣрно, то ударъ будетъ распространяться изъ гнѣзда во всѣхъ направленіяхъ съ одинаковою скоростью, но сила его будетъ ослабѣвать по мѣрѣ удаленія отъ исходной точки. Наиболѣе короткое разстояніе проходитъ тотъ ударъ, который направляется вверхъ, перпендикулярно къ поверхности земли, прямо къ эпицентру *E*. Здѣсь онъ и проявится раньше другихъ ударовъ и произведетъ наиболѣе сильныя опустошенія. Чѣмъ болѣе удалены отъ эпицентра точки, (напр. точки *a*, *б*, *c*), тѣмъ слабѣе будутъ удары и тѣмъ позднѣе они послѣдуютъ; вмѣстѣ съ тѣмъ уголъ, подъ которымъ ударъ встрѣчаетъ поверхность земли и который называется *уголъ выхода* (Emissionswinkel, Emergenzwinkel), будетъ уменьшаться по мѣрѣ удаленія отъ эпицентра.

Всѣ изслѣдователи пользовались до сихъ поръ пріемомъ *Маллета*; положеніе гнѣзда опредѣлялось по тѣмъ явленіямъ, которыя наблюдаются на поверхности. Въ частности способы, примѣнявшіеся для рѣшенія задачи были различны, но въ основаніи всѣхъ изслѣдованій лежитъ одна и та же чрезвычайно большая ошибка, которую долго еще не удастся устранить: *масса земли далеко не однородна*, а потому и *распространеніе ударовъ не равномѣрно*. Простираніе пластовъ, существованіе трещинъ, свойства различныхъ горныхъ породъ и цѣлый рядъ другихъ

условій сильно вліяютъ на скорость распространенія удара; всѣ эти условія намъ извѣстны, но мы не имѣемъ возможности опредѣлить величину ихъ дѣйствія и принять послѣднюю въ расчетъ при вычисленіяхъ. *Маллетъ* въ своихъ работахъ основывался на механическомъ дѣйствіи удара. Онъ опредѣлялъ направленіе трещинъ въ зданіяхъ, направленіе паденія обрушившихся предметовъ и измѣрялъ разстояніе, на которое они были отброшены отъ мѣста своего первоначальнаго нахожденія. По этимъ даннымъ онъ находилъ направленіе удара, уголъ, подъ которымъ встрѣчалъ онъ поверхность (уголъ выхода) и, наконецъ, положеніе гнѣзда землетрясенія. Опредѣляя уголъ паденія свободно стоявшаго тѣла, необходимо быть очень осторожнымъ, такъ какъ упавшее тѣло не всегда остается на мѣстѣ, а откатывается, или отбрасывается на большее или меньшее разстояніе. Опытный изслѣдователь не встрѣчаетъ въ этомъ отношеніи особенныхъ трудностей. Однако, необходимо имѣть въ виду, что указаннымъ путемъ нельзя опредѣлить направленіе самаго удара, такъ какъ предметы могутъ падать и въ направленіи, противоположномъ его дѣйствію: нельзя напр. отличить ударъ, направленный къ сѣверу отъ удара, направленнаго къ югу. Изслѣдователь находитъ только ту плоскость, которая проходитъ черезъ направленіе удара перпендикулярно къ земной поверхности. Дальнѣйшія заключенія о направленіи удара и о величинѣ угла, подъ которымъ онъ встрѣчаетъ земную поверхность (уголъ выхода), *Маллетъ* дѣлалъ по тѣмъ предметамъ, которые были не только опрокинуты, но также и передвинуты относительно своего первоначальнаго положенія.

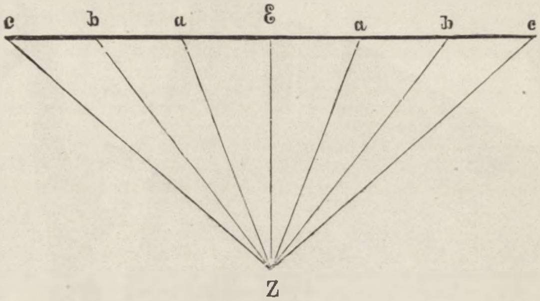


Рис. 231. Схема распространенія землетрясенія; cc — поверхность земли; E — Эпицентръ (поверхностный центръ); Z — центръ или гнѣздо землетрясенія (фокусъ землетрясенія).

Гораздо запутаннѣе тѣ *явленія*, которыя наблюдаются *въ пострадавшихъ отъ землетрясенія зданіяхъ.* Вертикальный ударъ, даже не достигающій крайняго предѣла напряженности, можетъ подбросить вверхъ цѣлую крышу зданія, которая, безъ нарушенія своей цѣлости, упадетъ потомъ на свое прежнее мѣсто. Такіе случаи наблюдаются не рѣдко и могутъ быть узнаваемы по тѣмъ многочисленнымъ трещинамъ, которыя наблюдаются подъ крышей въ стѣнахъ зданія. Иной характеръ носятъ послѣдствія ударовъ, направленныхъ косо къ поверхности земли. Если, напр., такой ударъ встрѣчаетъ стѣну зданія, то послѣдняя покрывается рядомъ близко расположенныхъ вертикальныхъ трещинъ, противоположная же ей стѣна или, по крайней мѣрѣ, фронтонъ ея совершенно ниспровергается, и обломки ея ложатся внѣ пространства, занимаемаго зданіемъ. Иное наблюдается, если ударъ встрѣчаетъ одинъ изъ угловъ зданія, если, напр., ударъ, идущій съ сѣверо-запада встрѣчаетъ домъ, стѣны котораго расположены къ сѣверу, югу, западу и востоку, то будетъ сброшенъ юго-восточный уголъ такого зданія (см. рис. 232). Церковныя башни при косыхъ ударахъ падаютъ обыкновенно цѣликомъ и только при ударахъ, встрѣчающихъ поверхность земли подъ очень большимъ угломъ, сохраняется иногда часть башни въ видѣ заостреннаго столба *).

*) Разрушенія въ гор. Вѣрномъ, произведенныя землетрясеніемъ 28 мая 1887 г., ясно свидѣтельствуютъ о распространеніи удара съ юга на сѣверъ. Наиболѣе повреждены стѣны

Описанныя явленія носятъ общій характеръ и наблюдаются при всѣхъ сильныхъ землетрясеніяхъ. Точно опредѣливъ расположеніе и направленіе трещинъ, изслѣдователь получаетъ тѣ данныя, при помощи которыхъ можно вычислить уголъ выхода удара (по способу *Маллета*). Но только въ немногихъ и очень простыхъ случаяхъ разрушительныя послѣдствія землетрясенія носятъ ясный, опредѣленный характеръ: обыкновенно неправильности дома вызываютъ появленіе неправильно расположенныхъ трещинъ и вызываютъ обвалы, направленіе которыхъ уклоняется отъ общаго правила. Положеніе оконъ и дверей, пола и стѣнъ, расположеніе кирпичей или бревенъ и другихъ строительныхъ матеріаловъ обусловливаютъ цѣлый рядъ уклоненій, которыя чрезвычайно затрудняютъ изслѣдованія. Описаннымъ способомъ *Маллетъ* опредѣлялъ гнѣздо неаполитанскаго землетрясенія 1857 года. Съ неутомимой энергіей и осмотрительностью собиралъ онъ необходимыя данныя во время своего продолжительнаго и труднаго путешествія по мѣстности, пострадавшей отъ землетрясенія. Онъ сдѣлалъ 177 опредѣле-

Рис. 232. Соборъ въ Патерно въ Калабріи послѣ большого землетрясенія 1857 года. (По Маллету.) Уголъ собора обрушился вслѣдствіе удара, косо направленнаго къ стѣнамъ собора.

сѣверныя и южныя, тогда какъ восточныя и западныя по большей части только растрескались. Благодаря правильному расположенію улицъ по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ,—почти меридіональному и широтному, различіе въ степени разрушенія на разныхъ сторонахъ одного и того же зданія обнаруживается весьма отчетливо. Многія изъ сѣверныхъ и южныхъ стѣнъ совершенно вывалились наружу: въ нѣкоторыхъ домахъ только одна (чаще всего сѣверная), въ другихъ — обѣ: въ посдѣднихъ случаяхъ домъ дѣлался сквознымъ, и крыша его поддерживалась только восточными и западными стѣнами. То-же самое наблюдалось по отношенію къ угламъ зданій, обращенныхъ на югъ или сѣверъ или близкихъ къ этимъ направленіямъ (По Мушкетову.) *Прим. перев.*

ній направленія удара въ 78 мѣстахъ и по нимъ вычислилъ положеніе гнѣзда. Теорія требуетъ, чтобы всѣ направленія ударовъ встрѣтились въ одной точкѣ. *Маллетъ* нашелъ, что 16 опредѣленныхъ имъ направленій пересѣкаются въ центрѣ круга съ радіусомъ въ 456 м. (500 ярдовъ), а 32 — въ центрѣ круга съ радіусомъ въ 1.851 м. ($2^1/_2$ морскихъ мили). Изъ числа остальныхъ опредѣленій согласуются между собою еще 12; другія уклоняются, но вслѣдствіи извѣстныхъ въ каждомъ данномъ случаѣ причинъ. По величинѣ угловъ выхода ударовъ было найдено, что наибольшая глубина гнѣзда подъ поверхностью достигаетъ 15.000 метр., а наименьшая 5,100 метр.

Описанный методъ построенъ на совершенно правильныхъ основаніяхъ; не смотря на это, противъ него можно привести нѣсколько вѣскихъ соображеній. Чисто практическое затрудненіе заключается въ томъ, что онъ можетъ быть примѣненъ только въ случаѣ сильныхъ землетрясеній; но и кромѣ того, измѣренія по способу *Маллета* предполагаютъ цѣлый рядъ условій, которыя имѣются на лицо только въ очень рѣдкихъ случаяхъ. Прежде всего эти измѣренія по существу идеи, лежащей въ ихъ основаніи, могутъ быть предприняты только въ тѣхъ случаяхъ, когда зданія были разрушены подземными ударами. Но волнообразныя колебанія почвы также производятъ поврежденія. Если мы станемъ разсматривать ихъ какъ послѣдствія прямолинейнаго удара (въ математическомъ смыслѣ), то впадаемъ въ ошибки. Далѣе, во время продолжительнаго землетрясенія нерѣдко случается, что эпицентръ мѣняетъ свое положеніе. Вслѣдствіе этого въ одномъ и томъ же мѣстѣ наблюдаются послѣдствія различныхъ ударовъ, которыя нетрудно смѣшать. Но особенно важно слѣдующее соображеніе: посѣщая городъ, сильно разрушенный землетрясеніемъ, геологъ видитъ сотни поврежденныхъ зданій; онъ не имѣетъ возможности изслѣдовать ихъ всѣхъ, выбираетъ наиболѣе удобныя для изслѣдованія и на ихъ строитъ свои выводы. Конечно, слѣдовало бы отдать предпочтеніе тѣмъ зданіямъ, на которыхъ всего ярче отразились послѣдствія землетрясенія: на самомъ же дѣлѣ безъ всякой предвзятой мысли изслѣдователь невольно предпочитаетъ тѣ дома, поврежденія которыхъ согласуются съ его предварительными догадками о положеніи гнѣзда и эпицентра. Въ необходимости выбирать немногіе факты изъ огромнаго ряда подобныхъ имъ и въ трудности, пожалуй даже въ невозможности, остаться безпристрастнымъ, заключается слабая сторона метода. Съ особенною очевидностью выступаетъ она въ работахъ самого *Маллета*, который стремился къ такой точности, которая не можетъ быть достигнута столь несовершенными средствами. Далѣе, источникомъ ошибки можетъ быть и слѣдующее: исходнымъ пунктомъ землетрясенія считается относительно ограниченная область, между тѣмъ какъ движеніе охватываетъ иногда большіе участки земной коры. Наконецъ, Штапфъ сдѣлалъ чрезвычайно важное замѣчаніе: онъ указалъ, что предположеніе, будто трещины располагаются перпендикулярно къ направленію удара, основано на чисто теоретическихъ соображеніяхъ и вовсе не доказано опытомъ. Изъ всего сказаннаго выше можно сдѣлать выводъ, что методъ *Маллета*, представляющій чрезвычайно серьезную попытку точнаго изслѣдованія землетрясенія, въ подробностяхъ долженъ быть признанъ не вполнѣ достигающимъ цѣли *).

---

*) И. В. Мушкетовъ нашелъ по способу *Маллета*, что гнѣздо Вѣрненскаго землетрясенія 1887 г. 28 мая располагается на глубинѣ между 5 и 15 верстами (въ среднемъ 10 в.). *Прим. перев.*

Другой методъ, предложенный *Зеебахомъ*, основывается на опредѣленіяхъ времени, когда происходятъ въ разныхъ мѣстахъ колебанія почвы. Но и онъ не вполнѣ удовлетворителенъ и въ своемъ основаніи заключаетъ нѣкоторыя невѣрныя предположенія. Впрочемъ, этотъ методъ допускаетъ извѣстныя усовершенствованія и въ будущемъ, когда количество сейсмическихъ станцій увеличится, можетъ служить для полученія правильныхъ выводовъ.

Мы, конечно, не можемъ здѣсь излагать математическую сторону метода *Зеебаха*. Основной мыслью его труда о средне-германскомъ землетрясеніи 6 марта 1872 года служитъ слѣдующее: онъ доказываетъ, что ударъ проходитъ кратчайшее разстояніе, направившись отъ гнѣзда къ поверхности въ направленіи, перпендикулярномъ къ эпицентру, и что путь его будетъ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ меньше уголъ, подъ которымъ онъ встрѣчаетъ поверхность земли. Такъ какъ время, необходимое для того, чтобы ударъ достигъ поверхности, пропорціонально длинѣ его пути, то зная, когда почувствовались сотрясенія въ нѣсколькихъ различныхъ мѣстахъ, мы можемъ найти положеніе гнѣзда.

Лазо примѣнилъ методъ Зеебаха къ изслѣдованію землетрясеній въ Герцогенратѣ въ 1873 и 1877 гг.; тотъ же ученый вмѣстѣ съ *Шумахеромъ* изслѣдовалъ землетрясенія въ Западной Германіи 26 августа 1868 г.; наконецъ этимъ же методомъ пользовался и *Ю. Шмидтъ* при изслѣдованіи рейнскаго землетрясенія 1846 г. и землетрясенія въ Жилинѣ (Силейнѣ) въ Венгріи. Конечно, всѣ эти вычисленія въ значительной степени несовершенны. Тѣмъ не менѣе чрезвычайно интересно сравнить цифры, полученныя этимъ путемъ, съ данными *Маллета* о землетрясеніи въ Неаполѣ. Это сопоставленіе сдѣлано въ слѣдующей таблицѣ:

ЗЕМЛЕТРЯСЕНІЯ	Средняя глубина въ метрахъ	Скорость распространенія	
		Сколько географ. миль въ минуту	Сколько метровъ въ секунду
1) Рейнское землетрясеніе 1846 г.	38 806	4,6	568
2) Неаполитанское землетрясеніе 1857 г.	9 275	2,1	260
3) Землетрясеніе въ Жилинѣ 1858 г. . .	26 266	1,7	206
4) Землетрясеніе въ Средней Германіи 1872 г.	17 956	6,0	742
5) Первое землетр. въ Герцогенратѣ 1873 г.	11 130	2,7	360
6) Второе землетр. въ Герцогенратѣ 1877 г.	27 113	3,8	475
7) Землетр. въ восточной Германіи 1878 г.	8 880	2,4	302

Противъ метода *Зеебаха* можно привести нѣсколько возраженій. Скорость распространенія удара зависитъ отъ особенностей тѣхъ горныхъ породъ, черезъ которыя онъ распространяется, и даже отъ направленія, въ которомъ онъ проходитъ пласты. Существованіе трещинъ также замедляетъ распространеніе удара. Отсюда, какъ уже было замѣчено самимъ *Зеебахомъ* и его послѣдователями, видно, что скорость удара не можетъ быть одинакова въ разныхъ направленіяхъ. Чрезвычайно важнымъ препятствіемъ для полученія какихъ либо выводовъ является недостатокъ точныхъ опредѣленій времени, когда произошли сотрясенія почвы. Можно допустить, что изъ всѣхъ цифръ, имѣющихся теперь въ распоряженіи, по крайней мѣрѣ половина не вѣрна. Необходимо отдѣлить правильныя цифры отъ ошибочныхъ, а единственнымъ критеріемъ въ рѣшеніи этого вопроса является только совпаденіе и несовпаденіе полученныхъ результатовъ съ теоріей: здѣсь изслѣдователь вступаетъ на чрезвычайно

рискованный путь. Наконецъ, въ основанiи метода лежитъ предположенiе, что землетрясенiе распространяется отъ одной точки или линiи, между тѣмъ какъ во многихъ случаяхъ гнѣздо можетъ охватывать значительную часть земной коры. Въ виду всего сказаннаго и этотъ методъ не можетъ привести къ точнымъ выводамъ. Мы вовсе не думаемъ дѣлать упрека ученымъ, которые вели изслѣдованiя, какъ по тому, такъ и по другому способу; методы, предложенные *Маллетомъ* и *Зеебахомъ*, представляютъ значительный шагъ впередъ: они открываютъ наукѣ новые пути; все изложенное выше клонилось лишь къ тому, чтобы показать, что цифры, получаемыя тѣмъ и другимъ способомъ, должно принимать съ большою осторожностью, не преувеличивая ихъ истинной цѣнности.

Не лишены интереса результаты изслѣдованiй Венера, который нашелъ, что землетрясенiе въ Загребѣ, во всей охваченной имъ области, чувствовалось одновремѣнно. Нижеприведенныя цифры, показывающiя, когда въ поименованныхъ мѣстностяхъ почувствовались сотрясенiя, почти вполнѣ совпадаютъ между собою:

Въ Загребѣ . .	7 час.	27 мин.	38 сек.		Въ Коморнѣ	7 час.	26 мин.	12 сек
„ Фiумѣ .	7 „	27 „	27 „		„ Люблянѣ	7 „	26 „	38 „
„ Фюнфкирхенѣ	7 „	27 „	44 „		„ Трiестѣ.	7 „	27 „	11 „
„ Грацѣ	7 „	29 „	56 „		„ Вѣнѣ	7 „	28 „	27 „

Въ Будвейсѣ землетрясенiе почувствовалось въ 7 ч. 30 м. 36 сек., т. е. на 3 м. 8 сек. позже, чѣмъ въ Загребѣ. Къ тѣмъ же результатамъ привели и другiя изслѣдованiя. Такъ, *Геймъ*, изучавшiй землетрясенiе въ Швейцарiи 4 iюля 1880 г., *Уитней* (Whitney), изслѣдовавшiй землетрясенiе въ Овенсъ Валлей въ Калифорнiи 26 марта 1872 года и *Винне* (Wynne), воспользовавшiйся для своихъ выводовъ землетрясенiемъ въ верховьяхъ Пенджаба 2 марта 1878 года, пришли къ заключенiю, что на протяженiи каждой изъ этихъ областей, сотрясенiя чувствовались почти одновременно.

Въ послѣднее время *Дуттонъ*, изслѣдуя землетрясенiе въ Чарльстонѣ въ 1886 г., предложилъ новый методъ для нахожденiя глубины гнѣзда; онъ пытался также принять въ расчетъ существованiе поперечныхъ волнъ, но и этотъ методъ не лишенъ ошибокъ. *Дуттонъ* предполагаетъ, что волна распространяется съ равномѣрною скоростью. Между тѣмъ, вслѣдствiи увеличенiя упругости горныхъ породъ по мѣрѣ удаленiя отъ поверхности, скорость распространенiя волны должна сильно возрастать. Пользуясь своимъ способомъ, *Дуттонъ* нашелъ, что изслѣдованное имъ землетрясенiе имѣетъ два близко расположенные другъ отъ друга гнѣзда, одно — на глубинѣ 13 км., другое — на глубинѣ 19 км.; *А. Шмидтъ*, изслѣдуя то же землетрясенiе, пришелъ къ выводу, что гнѣздо его лежитъ, вѣроятно, на глубинѣ болѣе 100 км.

Особеннаго вниманiя заслуживаютъ опредѣленiя *характера сотрясенiй* при землетрясенiяхъ и *скорости ихъ распространенiя*. Обѣ задачи принадлежатъ къ числу особенно трудныхъ и все, что сдѣлано въ настоящее время для рѣшенiя ихъ, можно считать только первымъ опытомъ, который не привелъ еще къ опредѣленнымъ выводамъ. Скорость распространенiя опредѣляется путемъ сравненiя цифръ, отмѣчающихъ время, когда почувствовались удары въ различныхъ мѣстахъ области, охваченной землетрясенiемъ. Какъ мы уже видѣли выше, цифры, эти чрезвычайно сомнительны, и ошибки настолько велики, что не могутъ не отразиться на окончательномъ выводѣ. При землетрясенiяхъ, которыя происходятъ отъ обваловъ и вслѣдствiе вулканическихъ взрывовъ, мѣсто, гдѣ впервые чувствуются удары, занимаетъ среди

всей области центральное положеніе и охватываетъ небольшое пространство, но въ значительномъ большинствѣ случаевъ сотрясенія происходятъ почти одновременно на протяженіи всей области, охваченной землетрясеніемъ; они исходятъ изъ нѣкоторой обширной плоскости, различно наклоненной къ поверхности земли; въ этомъ случаѣ скорость распространенія можетъ быть опредѣляема только въ мѣстностяхъ, расположенныхъ внѣ сотрясаемой области. Наконецъ, движеніе сейсмической волны зависитъ отъ цѣлаго ряда условій, которыя извѣстны намъ лишь въ общихъ чертахъ и которыя только въ исключительныхъ случаяхъ могутъ быть опредѣлены подробно. Извѣстно, что скорость распространенія волнообразнаго движенія зависитъ отъ плотности, упругости, однородности и неоднородности среды, въ которой она распространяется. Земная кора, въ которой распространяются сейсмическія волны, далеко не однородна; плотность и упругость ея въ различныхъ мѣстахъ подлежитъ сильнымъ, колебаніямъ. Безъ сомнѣнія на значительныхъ глубинахъ она обладаетъ большею упругостью и большею однородностью, чѣмъ на поверхности. Наружныя части земной коры образованы горными породами; миріады трещинъ и пустотъ прорѣзываютъ горныя массы; послѣднія чрезвычайно неодинаково пропитаны влагой и обладаютъ неодинаковой температурой. Наконецъ, слѣдуетъ имѣть въ виду, что упругость горныхъ породъ имѣетъ извѣстный предѣлъ; если онъ будетъ перейденъ, то въ твердой породѣ произойдетъ постоянная (остающаяся) деформація, часть живой силы потеряется и превратится въ теплоту *). Вслѣдствіи этого ударъ, направляясь къ поверхности, долженъ все болѣе и болѣе ослабѣвать.

Въ виду сказаннаго, скорость распространенія сейсмической волны въ глубинахъ должна быть значительно больше, чѣмъ у поверхности. При ослабленіи движенія и уменьшеніи скорости должно происходить также преломленіе волнъ, вслѣдствіи чего ударъ отклонится отъ своего первоначальнаго направленія (т. е. уголъ выхода измѣнится). Всѣ наблюденія мы дѣлаемъ на поверхности земли: отсюда видно, какъ трудны точныя изслѣдованія и какъ ненадежны тѣ выводы, которые дѣлались на основаніи полученныхъ до сихъ поръ цифръ.

Первыя попытки экспериментальнаго опредѣленія скорости распространенія сотрясеній въ горныхъ породахъ сдѣлалъ *Маллетъ;* его опыты надъ послѣдствіями взрывовъ показали, что скорость распространенія зависитъ отъ первоначальнаго толчка. Позднѣе *Абботъ* производилъ наблюденія при большихъ взрывахъ у мыса Галлета близъ Нью-Іорка; онъ подтвердилъ выводы *Маллета* и показалъ кромѣ того, что скорость распространенія сотрясеній уменьшается по мѣрѣ поступательнаго движенія волны. Уже давно было извѣстно, что параллельно простиранію пластовъ волны распространяются скорѣе, чѣмъ въ направленіи перпендикулярномъ. Движеніе, встрѣчающее подъ угломъ многочисленные слои, ослабляется и замедляется. Далѣе, *Мильнъ* доказалъ, что различныя слагающія одного и того же сотрясенія распространяются съ неодинаковою скоростью. Матеріалъ, въ которомъ распространяется сейсмическая волна, также имѣетъ важное значеніе. Такъ, напр. въ рыхлыхъ пескахъ она

---

*) Объ упругости однородныхъ и неоднородныхъ срединъ и о постоянныхъ (остающихся) деформаціяхъ см. „Физическая кристаллографія П. Грота, перев А. П. Нечаева подъ редакціею проф. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, СПБ., 1896 г., ч. I, стр 239. Тамъ же о волнообразномъ движеніи, стр. 3—26. Болѣе популярное изложеніе послѣдняго вопроса въ книгѣ Тиндаля „Свѣтъ“, шесть лекцій читанныя въ Америкѣ. Переводъ Цедербаума подъ редакціею Н. Гезехуза. СПБ., 1872 г.

Прим. перев.

распространяется медленнѣе, чѣмъ въ упругихъ и плотныхъ гранитахъ и известнякахъ. Если мы сравнимъ цифры, полученныя различными изслѣдователями, то окажется, что по новѣйшимъ даннымъ скорость распространенія волнообразнаго движенія вообще больше, а такъ какъ въ настоящее время измѣренія ведутся точнѣе, то и выводы заслуживаютъ бо́льшаго довѣрія. Особенно это слѣдуетъ сказать о цифрахъ, полученныхъ *Мишелемъ*, *Леви* и *Фуке*. По ихъ опредѣленіямъ скорость распространенія волны достигаетъ:

въ гранитѣ	2450—3141 м.
въ плотныхъ песчаникахъ каменноугольнаго періода . .	2000—2526 „
въ менѣе плотныхъ песчаникахъ пермскаго періода . .	1190 „
въ кембрійскомъ мраморѣ	632 „
въ пескахъ Фонтенебло	300 „

Кромѣ минералогическаго состава горныхъ породъ, вліяетъ также строеніе, пористость и количество пропитывающей ихъ воды.

На основаніи вышеизложеннаго тѣ землетрясенія, гнѣздо которыхъ располагается на незначительной глубинѣ, должны распространять съ умѣренною скоростью. Наблюденіе подтверждаетъ эту догатку. *А. Шмидтъ* нашелъ, что волны землетрясенія въ Швабскомъ Альбѣ 14 декабря 1890 года, гнѣздо котораго лежало приблизительно на глубинѣ 100 м., распространялись со скоростью 20 м. въ секунду, — это наименьшая изъ всѣхъ полученныхъ цифръ. Скорость итальянскихъ землетрясеній, по опредѣленію *Росси*, колеблется между 100 и 300 м. Скорость распространенія колебательнаго движенія при землетрясеніи въ Герцогенратѣ въ 1873 г. достигаетъ 360 м. *(Лазо)*, другое землетрясеніе въ Герцогенратѣ распространялось со скоростью 475 м., рейнское землетрясеніе 1846 г. — со скоростью 560 м. *(Шмидтъ)*, землетрясеніе въ средней Германіи въ 1872 г. — со скоростью въ 742 м., землетрясеніе въ Вѣрномъ 9 іюня 1887 года — со скоростью 265 — 850 м., землетрясеніе въ Андалузіи 25 декабря 1884 г. — со скоростью 1500 — 2000 м. и землетрясеніе въ Чарльстонѣ 1886 г. — даже со скоростью 5100 — 5200 м. въ секунду *).

Поразительно высокой кажется скорость распространенія *чарльстонскаго* землетрясенія. Но эта цифра заслуживаетъ чрезвычайно большого довѣрія, такъ какъ въ этомъ случаѣ число точныхъ наблюденій больше, чѣмъ во всѣхъ другихъ случаяхъ. По теоріи скорость распространенія волны въ кремнистыхъ массахъ (въ стеклѣ) неограниченныхъ размѣровъ достигаетъ 4724 — 5333 м. въ секунду. Эта цифра близко подходитъ къ скорости чарльстонскаго землетрясенія. Скорость *микросейсмическихъ* волнъ лежитъ въ передѣлахъ между скоростью землетрясеній въ Чарльстонѣ и Андалузіи, но обыкновенно стоитъ ближе къ первой величинѣ. Надо думать, что въ неотдаленномъ будущемъ намъ удастся опредѣлить болѣе или менѣе точно скорость микросейсмическихъ волнъ, которая на значительныхъ глубинахъ, повидимому, равномѣрна. Для рѣшенія этой задачи должны служить наблюденія надъ горизонтальнымъ маятникомъ, сейсмометрами и астрономическими приборами. Гораздо труднѣе опредѣлить скорость ударовъ при землетрясеніи.

Въ послѣднее время усилія направлены къ тому, чтобы точнѣе опредѣлить тѣ незначительныя различія въ скорости распространенія, которыя наблюдаются въ разныхъ мѣстахъ областей, охваченныхъ землетрясеніемъ. Оказывается, что мѣстами

---

*) Ср. таблицу на стр. 358.

волны забѣгаютъ впередъ, мѣстами отстаютъ. Такъ, напр., во время землетрясенія въ Лигуріи 23 февраля 1887 г. скорость распространенія по направленію къ западу, т. е. къ Ниццѣ и Марсели, была нѣсколько больше, чѣмъ по направленію къ Генуѣ: въ первомъ случаѣ она достигала въ среднемъ 1,450 м., во второмъ — приблизительно 580 м. Наблюдалось также, что скорость увеличивается по мѣрѣ удаленія отъ эпицентра. Впрочемъ, это не составляетъ общаго правила и, какъ думаетъ *А. Шмидтъ*, имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда гнѣздо землетрясенія располагается очень близко къ поверхности. Весьма возможно, что въ такихъ случаяхъ приростъ скорости объясняется отраженнымъ землетрясеніемъ (Relaisbeben), но главная причина неодинаковой скорости въ разныхъ направленіяхъ кроется въ *геологическомъ* строеніи сейсмической области. Массивныя горныя породы замедляютъ распространеніе сейсмической волны. Такъ, напр., во время землетрясенія въ Андалузіи кристаллическія массы горъ Сіерра-де-Ронда на западѣ и Сіерра-Невада на востокѣ уменьшали скорость распространенія ударовъ. Если мы соединимъ на картѣ точки, гдѣ чувствовались сотрясенія одинаковой силы, то получимъ рядъ линій, называемыхъ *изосейстами*. Онѣ графически представляютъ картину распространенія волнъ и позволяютъ судить о вліяніи геологическаго строенія мѣстности на скорость движенія. Такъ, напр., изосейсты землетрясенія въ Чарльстонѣ (см. рис. 223) показываютъ, что волны землетрясенія испытали замедленіе у края Аппалахскихъ горъ. Впрочемъ, это слѣдуетъ только сказать о тѣхъ волнахъ, которыя произвели разрушеніе 6, 5 и 4 порядка по скалѣ *Росси-Фореля* *); на распространеніе же волнъ 2 и 3 порядка строеніе мѣстности, повидимому, не оказало вліянія. Однако, подобныя карты, при тѣхъ средствахъ, которыя имѣются теперь въ нашихъ рукахъ, не могутъ быть совершенны, такъ какъ отсутствуетъ единица для опредѣленія силы землетрясенія. Мы обыкновенно судимъ о немъ по произведеннымъ разрушеніямъ, но послѣднія различно оцѣниваются разными изслѣдователями, и даже, какъ показалъ составитель изосейстовъ чарльстонскаго землетрясенія *Дуттонъ*, одинъ и тотъ же изслѣдователь по мѣрѣ хода работы незамѣтно для себя мѣняетъ масштабъ. Не смотря на это, подобныя работы полезны и необходимы: онѣ даютъ толчокъ для дальнѣйшаго развитія науки.

---

*) Не смотря на сдѣланныя замѣчанія (см. стр. 325), скала *Росси-Фореля* входитъ почти во всеобщее употребленіе. Такъ какъ и въ русской литературѣ сила землетрясеній нерѣдко оцѣнивается ступенями этой скалы, то мы считаемъ не излишнимъ привести ее здѣсь.

Скала Росси-Фореля дѣлитъ землетрясенія по ихъ силѣ на слѣдующія десять классовъ:

I. Удары и колебанія, незамѣтные непосредственному наблюденію и обнаруживаемые только чувствительными сейсмографами.

II. Сотрясенія, записанныя сейсмографами и ощутимыя кое-кѣмъ изъ людей, пребывавшихъ въ состояніи покоя или бездѣйствія.

III. Землетрясенія, ощущаемыя большинствомъ людей, пребывавшихъ въ состояніи покоя или бездѣйстія.

IV. Колебанія почвы, ощущаемыя людьми, пребывавшими въ состояніи движенія и физической дѣятельности. Дребезжаніе оконныхъ стеколъ.

V. Землетрясенія, ощущаемыя всѣми. Колебанія мебели и кроватей. Звонъ нѣкоторыхъ домашнихъ колокольчиковъ.

VI. Пробужденіе всѣхъ спящихъ. Звонъ колокольчиковъ. Остановка часовъ съ маятникомъ. Шелестъ листьевъ. Испугъ.

VII. Опрокидываніе предметовъ. Звонъ большихъ колоколовъ. Ужасъ.

VIII. Образованіе трещинъ въ стѣнахъ, разрушеніе дымовыхъ трубъ: Незначительныя опустошенія. Всеобщая паника и бѣгство.

IX. Разрушеніе отдѣльныхъ частей зданій или цѣлыхъ построекъ.

X. Всеобщее разрушеніе. Трещины земной коры. Обвалы и пр.

Прим. перев.

Еще болѣе трудностей представляетъ опредѣленіе *характера землетрясенія*. Не подлежитъ, конечно, никакому сомнѣнію, что подземные удары (succusorische Stösse) обязаны своимъ происхожденіемъ дѣйствію силъ упругости, которыя приводятъ частицы земной поверхности въ колебательное движеніе. По законамъ механики,

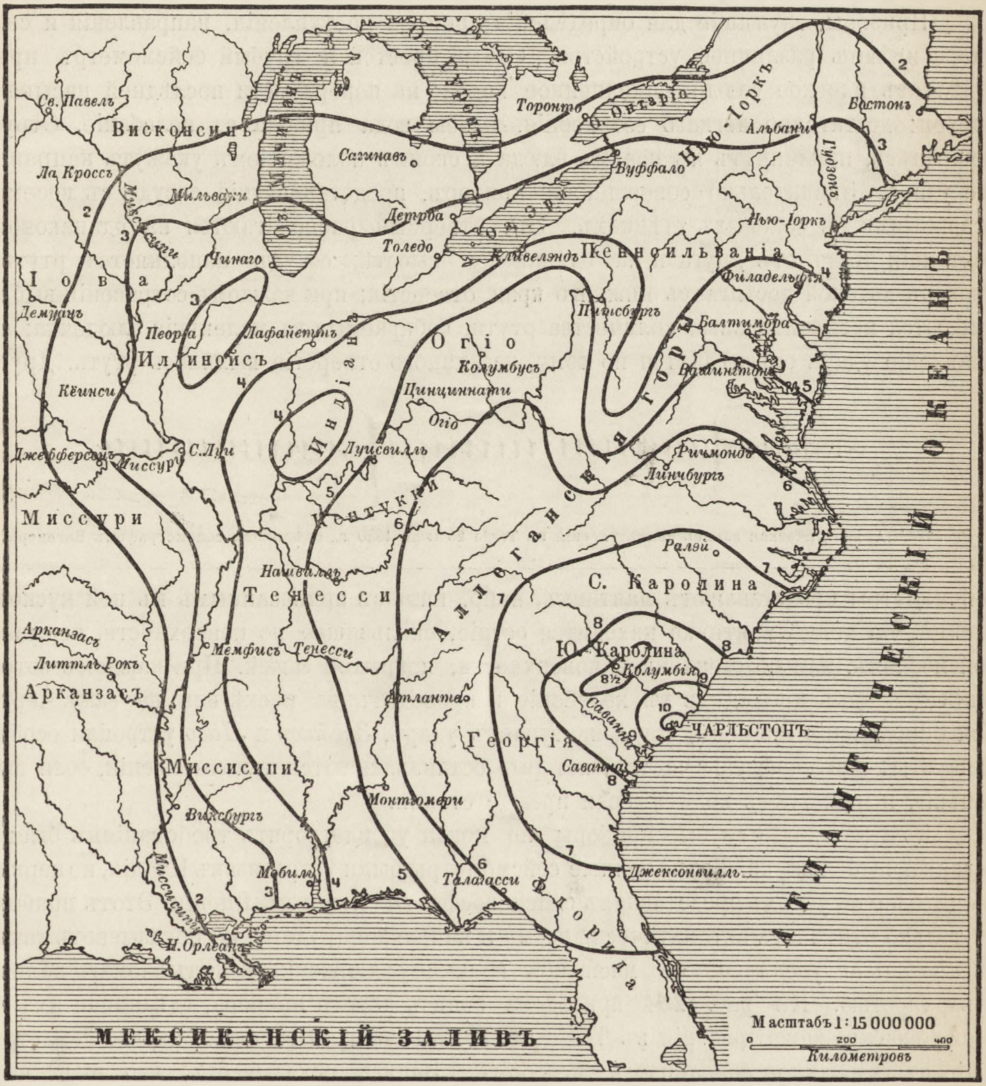


Рис. 233. Изосейсты землетрясенія въ Чарльстонѣ въ 1886 г. (По Дуттону.) Числа при изосейстахъ опредѣляютъ силу сотрясеній по ступенямъ скалы Росси-Фореля.

рядъ колеблющихся частицъ образуетъ волны, которыя будутъ распространяться по поверхности земли, подобно водянымъ волнамъ. Дальнѣйшимъ осложненіемъ является отраженіе волнъ у поверхности. Наконецъ, благодаря многочисленнымъ трещинамъ и пустотамъ, а также различной плотности и упругости горныхъ породъ, волны испытываютъ еще цѣлый рядъ измѣненій. Въ виду этого по тѣмъ колебаніямъ, которыя мы наблюдаемъ на поверхности, только съ большимъ трудомъ можно дѣлать заклю-

ченія о движеніи волнъ въ глубинахъ. Благодаря неистощимой изобрѣтательности сейсмологовъ, въ Японіи опредѣлено движеніе частицъ земной поверхности. Это удалось благодаря усовершенствованію такъ называемыхъ *сейсмометровъ*, о которыхъ мы уже неоднократно говорили и о которыхъ сдѣлаемъ здѣсь нѣсколько дополнительныхъ замѣчаній.

Приборы, служащіе для опредѣленія времени наступленія, направленія и силы удара имѣютъ различное устройство. Самый простой и грубый сейсмометръ представляетъ плоское блюдо, наполненное водой; на поверхности послѣдней насыпаны отруби; достаточно легкаго сотрясенія, чтобы вода пришла въ колебаніе. Отруби поплывутъ, прилипнутъ къ краямъ блюда и своимъ положеніемъ укажутъ направленіе удара. Значительно совершеннѣе приборъ, представляющій сосудъ съ восемью отверстіями въ боковыхъ стѣнкахъ. Эти отверстія располагаются на одинаковомъ растояніи другъ отъ друга и на одинаковой высотѣ; сосудъ наполняется ртутью, уровень которой достигаетъ нижняго края отверстія; при каждомъ сотрясеніи выбрасываются незначительныя количества ртути, собираемыя въ маленькія блюдечка; направленіе удара опредѣляется по тому, изъ какого отверстія вылилась ртуть. Другіе

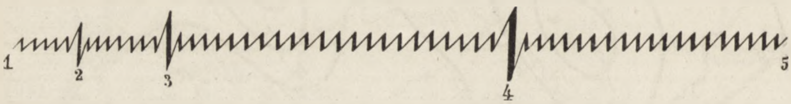


Рис. 234. Автоматическая запись землетрясенія въ Токіо 25 іюля 1880 г., сдѣланная сейсмографомъ Вагенера.

сейсмометры представляютъ маятникъ, напр. нить съ привязаннымъ къ ней кускомъ свинца. На концѣ маятника находится остріе, скользящее по поверхности, посыпанной пескомъ, или по стеклянной поверхности, покрытой сажей. При каждомъ сотрясеніи маятникъ приходитъ въ колебаніе и проводитъ на пескѣ или на сажѣ черту. Для опредѣленія времени, когда наступаетъ ударъ, *Зеебахъ* и *Лазо* устроили особые аппараты: они снабжены часами, которые останавливаются при сотрясеніи, если шли раньше, и начинаютъ ходить; если прежде стояли.

Конечно, такіе грубые приборы не могли удовлетворять требованіямъ быстро развивающейся науки. Болѣе точные сейсмометры были устроены въ Италіи, но первый значительный успѣхъ представлялъ сейсмографъ *Вагенера* въ Японіи. Этотъ приборъ не только отмѣчаетъ автоматически время и направленіе удара, но показываетъ также въ нѣсколько увеличенномъ масштабѣ величину движенія, испытываемаго земною поверхностью. На рис. 234 приведена запись такого прибора, сдѣланная имъ во время слабаго землетрясенія въ Токіо 25 іюля 1880 г. Это было первое землетрясеніе изслѣдованное описаннымъ способомъ, Запись показываетъ, что въ 2 часа $3^1/_{10}$ минуты начались слабыя колебанія, за которыми послѣдовалъ болѣе сильный ударъ, выразившійся на земной поверхности горизонтальнымъ движеніемъ въ $^1/_2$ мм. Послѣ ряда легкихъ колебаній послѣдовалъ опять замѣтный ударъ въ 1 мм.; онъ произошелъ черезъ $^1/_2$ минуты послѣ начала землетрясенія. Далѣе, въ теченіи 48 секундъ происходили слабыя колебанія, прерванныя ударомъ въ 1,67 мм., за которымъ послѣдовали снова легкія дрожанія. Въ общемъ, какъ показалъ самопишущій приборъ, землетрясеніе длилось 2 минуты. Однако, и этотъ приборъ не можетъ считаться вполнѣ удовлетворительнымъ, такъ какъ онъ отмѣчаетъ движеніе частицы только въ горизонтальномъ направленіи. Аппараты съ маятниками представляютъ еще

и тотъ недостатокъ, что, разъ приведенные въ движенiе, они долго не перестаютъ колебаться. *Грай, Мильнъ, Эвингъ* и др. внесли существенныя улучшенiя въ устройство сейсмографовъ; послѣднiе отмѣчаютъ сотрясенiя не только въ вертикальномъ, но и въ двухъ горизонтальныхъ направленiяхъ и автоматически дѣлаютъ записи на движущейся фотографической бумагѣ.

На основанiи записей сейсмографа Грая и Мильна профессоръ *Секеи Секiйя* приготовилъ изъ мѣдной проволоки модель, которая въ увеличенномъ видѣ (въ 15 разъ) наглядно показываетъ, какъ передвигалась частица земли во время землетрясенiя 25 января 1887 г. съ начала его до 72 секунды (см. рис. 235); отсюда видно, какъ сложно на поверхности земли движенiе. вызванное сейсмическими волнами. Въ данномъ случаѣ наибольшее отклоненiе въ сторону достигаетъ 7,3 мм., а наибольшее движенiе въ вертикальномъ направленiи—1,3 мм.. Сначала происходили нѣжныя дрожанiя по 5—6 разъ въ секунду, затѣмъ послѣдовали колебанiя съ перiодомъ въ $^1/_2$—2 и даже $2^1/_2$ секунды; съ наступленiемъ 71 секунды движенiе въ вертикальномъ направленiи прекратилось, горизонтальныя же колебанiя продолжались еще болѣе, чѣмъ въ теченiи одной минуты, и достигали значительной силы. Перiодъ волны или продолжительность одного колебанiя частицы, какъ показали записи сейсмографовъ, зависятъ отъ силы удара.

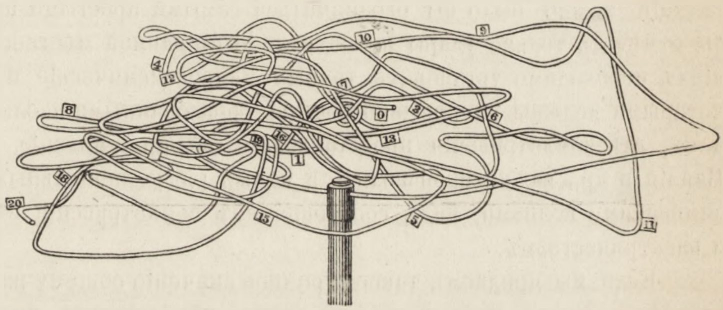


Рис. 235. Модель представляющая движенiе частицы почвы съ начала землетрясенiя до конца двадцатой секунды. (По Секiйя.)

Чрезвычайно поразительно, что при такомъ замѣтномъ землетрясенiи, какимъ было землетрясенiе 25 января 1887 года, подниманiе частицъ поверхности въ вертикальномъ направленiи достигало только 1 мм. Отсюда слѣдуетъ ожидать, что при колебанiяхъ въ 2 сант. разрушенiя примутъ опустошительный характеръ. Въ прежнее время, когда величина колебанiй опредѣлялась на глазомѣръ по субъективнымъ ощущенiямъ, предполагалось, что движенiя почвы при землетрясенiяхъ обладаютъ бо́льшею силою. Само собою понятно, что показанiя сейсмометровъ о величинѣ амплитуды и перiодѣ колебанiй частицы почвы не могутъ еще служить прочнымъ основанiемъ для опредѣленiя характера движенiя въ глубинѣ. Но громаднымъ прiобрѣтенiемъ для науки является уже то, что теперь сейсмографы позволяютъ точнѣе установить особенности движенiя на поверхности почвы. Не можетъ быть никакого сомнѣнiя, что изслѣдованiя, ведущiяся указаннымъ путемъ главнымъ образомъ въ Японiи, обогатятъ науку рядомъ чрезвычайно важныхъ фактовъ.

Часто указывается, что въ рудникахъ и въ глубокихъ колодцахъ сотрясенiя чувствуются слабѣе, чѣмъ на поверхности земли, но точныхъ изслѣдованiй въ этомъ направленiи не было произведено. *Секiйя* и *Омори* пытались восполнить этотъ пробѣлъ и сопоставляли по возможности соотвѣтствующiя другъ другу показанiя сейсмографовъ на поверхности земли и въ колодцѣ глубиною въ 6 м.; отсюда выяснилось, что при сильныхъ землетрясенiяхъ не существуетъ замѣтнаго различiя въ силѣ сотрясенiя на поверхности и въ глубокихъ частяхъ почвы; въ сильной степени оно обна-

руживается при незначительныхъ и быстрыхъ дрожаніяхъ, въ слабой — во время главныхъ ударовъ.

На основаніи сказаннаго, значительные успѣхи въ изученіи землетрясеній могутъ быть сдѣланы путемъ уясненія связи, которая существуетъ между сейсмическими явленіями и геологическимъ строеніемъ охваченной ими области, а также посредствомъ систематическихъ наблюденій и экспериментальныхъ изслѣдованій при помощи сейсмографовъ. Къ чести заинтересованныхъ вопросомъ государствъ и ихъ ученыхъ, такія изслѣдованія начались и дали уже нѣкоторые результаты; наблюденія находятся еще въ зачаткѣ, но то, что сдѣлано, заставляетъ возлагать большія надежды на дальнѣйшія работы. Впрочемъ, только въ томъ случаѣ, когда всѣ культурныя государства покроются сѣтью сейсмическихъ станцій и когда наблюденія будутъ вестись правильно изъ года въ годъ, можно ожидать, что наука обогатится достаточнымъ количествомъ фактовъ, которые позволятъ представить въ болѣе глубокомъ освѣщеніи такія распространенныя и грозныя явленія, какъ землетрясенія. Для большинства станцій можно было бы ограничиться самыми простыми приборами, которые могли бы отмѣчать только удары происходящіе въ данной мѣстности. Въ нѣкоторыхъ станціяхъ необходимо установить точные микросейсмическіе приборы, наблюденія надъ которыми должны непрерывно вестись образованными наблюдателями. Въ тѣхъ странахъ, гдѣ землетрясенія представляютъ обычное явленіе, какъ, напр., въ Японіи, Италіи и др., важно производить и цѣлый рядъ спеціальныхъ наблюденій надъ сейсмическими волнами, надъ соотношеніемъ землетрясеній съ земнымъ магнетизмомъ и электричествомъ.

Если мы придаемъ такое огромное значеніе общему распространенію правильно организованныхъ наблюденій, то этимъ мы, конечно, не хотимъ сказать, что изученіе отдѣльныхъ землетрясеній въ томъ видѣ, какъ оно велось до сихъ поръ, въ будущемъ потеряетъ всякое значеніе. Наоборотъ, мы думаемъ, что изслѣдователи землетрясеній будутъ всегда нуждаться въ содѣйствіи неспеціалистовъ. Трудно указать другой отдѣлъ знанія, гдѣ бы каждое *отдѣльное наблюденіе* имѣло такую цѣну, какъ въ ученіи о землетрясеніяхъ (сейсмологіи). Геологъ обыкновенно только благодаря счастливой случайности становится очевидцемъ землетрясенія и, находясь на мѣстѣ катастрофы, не всегда имѣетъ возможность немедленно начать наблюденія. Даже при особенно благопріятныхъ условіяхъ его роль ограничивается точнымъ опредѣленіемъ времени, когда начались сотрясенія, и наблюденіемъ явленія въ данномъ мѣстѣ. Такимъ образомъ получается единичная запись очевидца, а для правильной оцѣнки явленія необходимъ цѣлый рядъ ихъ. Поэтому всякій, кому удалось бы сдѣлать то или иное наблюденіе, долженъ сообщить о немъ спеціалисту и всего лучше тому, который живетъ вблизи мѣста, охваченнаго землетрясеніемъ. Каждое такое сообщеніе будетъ приниматься съ благодарностью, и если получившій наблюденіе самъ не сможетъ воспользоваться имъ, то во всякомъ случаѣ позаботится, чтобы оно попало въ надлежащія руки.

Нѣсколько уже меньше значенія имѣетъ изслѣдованіе *послѣдствій землетрясенія*. Въ данномъ случаѣ главная роль принадлежитъ спеціалисту-геологу, который только и можетъ подмѣтить цѣнныя подробности. Послѣ большей части значительныхъ землетрясеній, случившихся въ послѣднее время въ доступныхъ мѣстностяхъ, многіе геологи отправлялись на мѣсто катастрофы, чтобы изслѣдовать разрушившіяся зданія, трещины въ стѣнахъ, въ почвѣ и т. п. и опросить очевидцевъ явле-

нія*). Не смотря на это, многое остается незамѣченнымъ, а потому сообщенія изъ публики о всѣхъ послѣдствіяхъ землетрясенія крайне желательны. Чтобы видѣть, какъ многочисленны должны быть наблюденія для правильнаго освѣщенія землетрясенія, посмотримъ, какими матеріалами пользовался *Вёнеръ*, авторъ сочиненія о землетрясеніи въ Загребѣ, Самъ изслѣдователь провелъ пять недѣль на мѣстѣ, исключительно занимаясь изслѣдованіемъ послѣдствій землетрясенія; цѣлый рядъ другихъ геологовъ изъ Вѣны, Пешта и Загреба занимались тѣмъ же предметомъ и произвели рядъ наблюденій, которыми могъ воспользоваться *Вёнеръ*. Кромѣ того, были получены сообщенія со многихъ желѣзнодорожныхъ станцій, въ общемъ болѣе ста, со всѣхъ портовъ и маяковъ, отъ Каттаро до итальянской границы. Наконецъ, сюда же присоединяется множество частныхъ сообщеній и газетныхъ извѣстій. Полученный такимъ образомъ матеріалъ охватываетъ болѣе чѣмъ 750 различныхъ мѣстъ. И хотя оставались еще нѣкоторые пробѣлы въ наблюденіяхъ; но разнообразныя сообщенія, принадлежавшія болѣе чѣмъ 1,000 лицамъ и собранныя въ однихъ рукахъ, представляли достаточно прочное основаніе для правильнаго описанія и объясненія землетрясенія въ Загребѣ. Громаднымъ количествомъ данныхъ пользовался и *Дуттонъ*, изслѣдовавшій землетрясеніе въ Чарльстонѣ.

Часто высказывается мнѣніе, что изученіе слабыхъ землетрясеній не представляетъ значенія и что заслуживаютъ вниманія только явленія достигающія грозной силы. Но это мнѣніе совершенно ошибочно. Конечно, нѣкоторыя стороны сейсмическихъ явленій выступаютъ съ ясностью только при большихъ катастрофахъ, но слабыя землетрясенія во многихъ отношеніяхъ представляютъ больше удобства. При ударахъ, которые въ нѣсколько мгновеній превращаютъ городъ въ груды развалинъ и уничтожаютъ сотни и тысячи жителей, трудно оставаться спокойнымъ и вести точныя наблюденія. Ужасъ охватываетъ всѣхъ, и даже самые хладнокровные люди думаютъ только о спасеніи себя и другихъ. Только исключительныя личности могутъ въ такія минуты наблюдать за секундными часами, отмѣчать начало и продолжительность сотрясеній. Поэтому большинство описаній говоритъ съ недостаточною полнотою о многихъ важныхъ вещахъ, отводитъ видное мѣсто человѣческимъ интересамъ и для науки представляетъ мало цѣны. Наконецъ, при сильныхъ землетрясеніяхъ разрушенія носятъ столь безпорядочный характеръ, что и по окончаніи катастрофы трудно опредѣлить положеніе обвалившихся стѣнъ, направленіе трещинъ и т. д., какъ это можно дѣлать послѣ землетрясеній средней напряженности, въ родѣ, напр., землетрясенія въ Загребѣ.

Въ 1890 г. особою комиссіею при Императорскомъ Русскомъ Географическомъ Обществѣ выработана программа для наблюденій надъ землетрясеніями. Программа эта имѣетъ въ виду неспеціалистовъ, а потому мы и позволяемъ себѣ привести ее здѣсь (сокративъ мѣстами редакцію фразъ). Вотъ эта программа:

1) Не замѣчались-ли передъ наступленіемъ землетрясенія какія-либо особенныя явленія, напр., крайнія колебанія, повышеніе или пониженіе барометра, бури, грозы (направленіе ихъ), возмущеніе магнитной стрѣлки, нарушеніе дѣйствія телеграфа (указать направленіе телеграфной линіи), исчезновеніе или помутнѣніе воды въ колодцахъ, безпокойство животныхъ и нервное состояніе людей?

---

*) Послѣ разрушительнаго землетрясенія въ Вѣрномъ Горный Департаментъ Министерства Государственныхъ Имуществъ съ Высочайшаго соизволенія снарядилъ экспедицію на мѣсто катастрофы для изслѣдованія послѣдствій землетрясенія. Руководительство работами было возложено на И. В. Мушкетова, который и обработалъ добытыя данныя въ своемъ трудѣ „Вѣрненское землетрясеніе 28 мая (9 іюня) 1887 г.“.

Прим. перев.

2) Въ какой день, часъ, а если возможно—минуту и секунду (притомъ утромъ, днемъ или ночью на такое-то число) чувствовался первый ударъ?

Nb. Были-ли провѣрены часы и какими способами? Желательно въ возможно скорѣйшемъ времени послѣ удара свѣрить часы съ часами телеграфной станціи и отмѣтить, насколько они впереди или позади относительно часовъ станціи.

3) Точно обозначить мѣсто наблюденія, т.-е. было-ли это въ домѣ, или на открытомъ мѣстѣ; и если въ домѣ, то въ какомъ этажѣ и чѣмъ былъ занятъ наблюдатель во время наступленія перваго толчка.

4) Сколько было сотрясеній? Черезъ какіе промежутки они слѣдовали другъ за другомъ?

5) Шелъ-ли ударъ снизу, или сбоку, было-ли землетрясеніе волнообразнымъ, или въ видѣ короткаго толчка или трепетанія. Не замѣчалось-ли подбрасыванья вверхъ безъ качаній висящихъ предметовъ или сдвиганій лежащихъ. Всѣ-ли сотрясенія имѣли одинаковый характеръ?

6) Съ какой стороны пришло сотрясеніе и куда направилось? Если можно, отмѣтить, направленіе качаній отвѣса или другихъ висящихъ предметовъ. Если остановились часы, то отмѣтить направленіе плоскости качанія маятника относительно странъ свѣта.

7) Какова была продолжительность перваго удара? Сколько времени длился наиболѣе разрушительный ударъ и послѣдующія трепетанія. Продолжительность ударовъ отмѣчена по часамъ или по приблизительной оцѣнкѣ?

8) Сопровождалось-ли землетрясеніе подземнымъ гуломъ, грохотомъ, шумомъ или отдѣльными ударами? Когда послышался подземный гулъ—передъ землетрясеніемъ, во время землетрясенія или послѣ него? Какой промежутокъ времени отдѣлялъ сотрясеніе отъ подземнаго гула?

9) Обозначить всѣ внѣшнія явленія, которыя могли имѣть какое бы то ни было отношеніе къ землетрясенію, напр., дѣйствіе сотрясенія на животныхъ и нервныхъ людей, личныя ощущенія, если они выразились чѣмъ-нибудь необыкновеннымъ, состояніе атмосферы (порывы вѣтра, бури, ливни, грозы), явленія въ водныхъ бассейнахъ, моряхъ, озерахъ, прудахъ и рѣкахъ (въ случаѣ необыкновеннаго движенія въ нихъ или образованія волнъ — обозначить направленіе этого движенія и приблизительныя размѣры волны, отмѣтить также, на какомъ протяженіи отъ береговой черты волна залила берегъ.

10) Опредѣлить по возможности полнѣе всѣ послѣдствія землетрясенія какъ въ зданіяхъ, такъ и въ природѣ, т.-е. указать, въ какомъ преимущественно направленіи (относительно странъ свѣта) упали стоящіе предметы и въ какомъ направленіи стояли стѣны, въ которыхъ появились трещины. Опредѣлить размѣры трещинъ, а также уголъ, составляемый ими съ горизонтальною линіею. Какія зданія (каменныя, деревянныя или глинобитныя) и какія части ихъ потерпѣли наисильнѣйшее разрушеніе. Были-ли обвалы или оползни? Были-ли трещины въ землѣ? Опредѣлить размѣры, характеръ и направленіе ихъ.

Не выдѣлялась-ли изъ трещинъ грязь, вода или газы, не замѣчалось-ли надъ ними пламени или дыма? Не измѣнился-ли уровень воды въ озерахъ, родникахъ или колодцахъ? не пріобрѣла-ли вода новыхъ качествъ?

11) Изъ чего состоитъ на мѣстѣ наблюденія почва,—изъ рыхлыхъ наносныхъ, глинистыхъ или галечныхъ отложеній, или изъ твердыхъ каменныхъ породъ? Въ случаѣ присутствія тѣхъ и другихъ указать по возможности и взаимное отношеніе. Нѣтъ-ли по близости какихъ-либо пещеръ? На какой почвѣ разрушеніе было сильнѣе?

12) При повторяемости землетрясеній въ теченіи долгаго времени, напр., многихъ мѣсяцевъ или годовъ, опредѣлить періоды наибольшей напряженности сотрясеній и особенно порядокъ наступленія ударовъ (т.-е. предшествуютъ-ли главному удару мелкіе или нѣтъ).

При составленіи отвѣтовъ необходимо отмѣтить только несомнѣнные факты; при малѣйшихъ же сомнѣніяхъ въ точности наблюденія, лучше ихъ совсѣмъ не помѣщать или же вносить съ ясною оговоркою. Кромѣ того слѣдуетъ отмѣчать факты, наблюдавшіеся составителемъ отвѣтовъ, отъ тѣхъ, которые получены имъ отъ другихъ лицъ.

Перев.

Мы сочли бы нашу цѣль достигнутою, если бы эти строки могли способствовать убѣжденію, что всякій интеллигентный человѣкъ обязанъ приложить всѣ старанія, чтобы явленіе не погибло для науки, и сообщать, кому слѣдуетъ, всѣ сдѣланныя имъ наблюденія.

Горообразующіе процессы.

Различные виды горъ.—Нарушенія въ напластованіи слоевъ.—Прежнія теоріи горообразованія.—Строеніе альпійской системы.—Страны, прилегающія къ Альпамъ.—Области опусканія.—Сущность горообразующихъ процессовъ.—Продолжительность образованія горъ.—Связь землетрясеній съ строеніемъ горъ.—Географическія гомологіи.—Перемѣщеніе береговой линіи.—Причины перемѣщенія береговой линіи.—Возрастъ материковъ.

Различные виды горъ.

Мы разсматривали до сихъ поръ вулканическія изверженія и землетрясенія, какъ самостоятельныя явленія, и оставляли пока въ сторонѣ вопросъ объ ихъ связи съ процессами болѣе общаго характера, которые могли бы уяснить ихъ истинное значеніе. Вулканическія и сейсмическія явленія представляютъ внѣшнее и кратковременное выраженіе массовыхъ движеній извѣстныхъ подъ названіемъ *горообразующихъ процессовъ*. Землетрясенія показываютъ намъ, что спокойствіе почвы, на которой мы стоимъ, далеко не совершенно и не постоянно. Далѣе мы узнаемъ, что въ теченіи длинныхъ періодовъ вся поверхность земли подвергается сильнѣйшимъ перемѣщеніямъ: однѣ части ея, подобно поверхности моря, находятся въ постоянномъ волнообразномъ движеніи, другія же, все болѣе и болѣе растрескиваясь, обрушиваются. Всѣ эти движенія совершаются столь медленно, что намъ кажется, будто всѣ массы горъ выдвинулись въ одно мгновеніе, и мы съ трудомъ привыкаемъ къ мысли, что *процессы, образовавшіе ихъ, дѣйствуютъ непрерывно и постоянно.*

Въ разговорномъ языкѣ подъ именемъ *горъ* разумѣютъ группу значительныхъ и болѣе или менѣе крутыхъ возвышенностей. Съ геологической точки зрѣнія это понятіе охватываетъ чрезвычайно разнообразныя явленія, которыя не имѣютъ почти ничего общаго въ своемъ происхожденіи или же представляютъ только незначительное сходство. Вообразимъ себя перенесенными въ какую-нибудь мѣстность Швабской низменности къ обрывамъ Скалистаго Альба (die Rauhe Alb). Кругомъ волнистая поверхность почвы усѣяна холмами. Прямо передъ нами вздымаются крутыя стѣны горъ, прорѣзанныя множествомъ ручьевъ; по направленію къ низменности разбросаны ихъ отроги, каковы, напр., отдѣльные купола Ахальмъ у Рейтлингена, Гогенштауфенъ и многіе другіе. Изслѣдуя склоны, мы увидимъ, что слои располагаются горизонтально, обнаруживаютъ только слѣды незначительныхъ нарушеній и прорѣзываются отдѣльными болѣе или менѣе вертикальными трещинами, которыя въ самой ничтожной степени вліяютъ на общій характеръ мѣстности. Если мы достигнемъ вершинъ обрыва, то увидимъ передъ собою опять волнистую поверхность, среди которой тутъ и тамъ выдвигаются отдѣльные купола. Далѣе поднимается вторая терраса. Всѣ эти неровности, видимо, образовались не вслѣдствіе тѣхъ массовыхъ движеній, о которыхъ мы говорили, но вслѣдствіе другой причины: передъ нами *богато изрѣзанный край возвышенной равнины;* онъ образовался путемъ постепеннаго размыванія (эрозіи). Мощные пласты известняка (до 1000 футовъ), увѣнчивающіе вершину Альба, представляли первоначально равнину, продолжавшуюся на сѣверъ. Въ теченіи многихъ милліоновъ лѣтъ они были разрушены водою, смыты и разъединены. Крутой обрывъ отмѣчаетъ ту границу, которой достигли эти разрушительные процессы.

Другая картина развернется передъ нами, если мы поднимемся на башню древняго собора во Фрейбургѣ въ Брейзгау и окинемъ взоромъ окрестность. На сѣверѣ одиноко выдвигается среди Рейнской равнины Кейзерштуль („Тронъ Императора"), группа тѣсно сплотившихся горъ; онѣ не обнаруживаютъ ясно выраженнаго линейнаго расположенія въ формѣ цѣпей и не представляютъ сходства съ тѣми образованіями, которыя мы видѣли въ Швабскомъ Альбѣ. На ихъ вершинахъ мы находимъ изверженныя породы и рыхлые продукты; такимъ образомъ эти возвышенности произошли путемъ накопленія: онѣ насыпаны вулканами третичнаго періода. Въ разговорномъ языкѣ Кейзерштуль также называется горами, но мы не находимъ въ немъ и слѣда тѣхъ сильныхъ нарушеній, которыя измѣняютъ внѣшнія формы земной коры и сопровождаются перемѣщеніемъ ея твердыхъ массъ.

Если мы съ той же башни посмотримъ на востокъ, то увидимъ темныя неправильныя массы Шварцвальда. Эти горы образованы главнымъ образомъ древнѣйшими породами изъ семейства гнейсовъ и гранитовъ. Пласты породъ приподняты, но направленіе ихъ играетъ второстепенную роль въ образованіи гребней и въ формахъ поверхности. Горизонтальные пласты пестрыхъ песчаниковъ тріасовой системы во многихъ мѣстахъ прилегаютъ къ первоначальнымъ горамъ и располагаются на нихъ въ видѣ отдѣльныхъ островковъ. Какъ же образовался Шварцвальдъ? Составляющія его массы неоднократно прорѣзывались трещинами, которыя шли параллельно его простиранію, приблизительно съ сѣвера на югъ. Вдоль этихъ трещинъ происходили перемѣщенія массъ, выразившіяся въ осѣданіи обширныхъ участковъ. Процессъ этотъ, начавшись въ серединѣ горъ, постепенно передвигался къ наружнымъ частямъ. Первоначально Шварцвальдъ и Вогезы представляли общій массивъ; вслѣдствіе сброса расположенной между ними полосы и образовалась Рейнская долина. Шварцвальдъ и Вогезы представляютъ *участки, сохранившіе свое первоначальное положеніе*, или *такъ называемые сбросовые выступы (Horst)*, окололежащія же части опустились при сбросахъ. Эти горы были значительно выше; на основаніи многихъ фактовъ можно допустить, что надъ высшими ихъ вершинами располагались пласты тріасовыхъ и юрскихъ породъ, до 1000 м. мощностью; съ теченіемъ времени они были разрушены.

Поднимемся на одну изъ болѣе значительныхъ вершинъ южнаго Шварцвальда, напр. на „Сторожевую Башню" (Wartturm) Фельдберга, и посмотримъ на югъ. Если день ясенъ, то вдали на горизонтѣ мы увидимъ раскинувшіяся на огромномъ пространствѣ зубчатыя вершины Альпъ. Отъ Гохфогеля въ Альгёу до ледяного купола Монблана тѣснится вершина за вершиной. Здѣсь пласты сильно нарушены и изогнуты въ видѣ складокъ. Рѣзко выраженные гребни тянутся другъ за другомъ, и направленіе каждой цѣпи находится въ самой тѣсной связи съ положеніемъ пластовъ, складокъ и линій, по которымъ происходили нарушенія. Размываніе дѣйствовало здѣсь въ огромныхъ размѣрахъ, но ему принадлежитъ только второстепенная роль. Альпы представляютъ наиболѣе совершенный типъ складчатыхъ горъ. Другимъ примѣромъ можетъ служить цѣпь Аконгагуа, представленная на особомъ листѣ.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ЦѢПЬ АКОНКАГУА И ЕЯ ВОСТОЧНОЕ ПРЕДГОРЬЕ.

Нарушенія въ напластованіи слоевъ.

На примѣрѣ четырехъ горныхъ группъ, расположенныхъ на недалекомъ разстояніи другъ отъ друга, мы могли видѣть, какъ разнообразны съ геологической точки зрѣнія возвышенности, называемыя обыкновенно горами. Въ куполообразныхъ вулканическихъ горахъ и въ прихотливо изрѣзанныхъ краяхъ возвышенныхъ равнинъ съ одиноко возвышающимися горами не видно еще непосредственнаго дѣйствія массовыхъ движеній земной коры. Съ несомнѣнною ясностью выступаютъ они въ складчатыхъ и отчасти въ массивныхъ горахъ. Но ниже мы увидимъ, что послѣдствія этихъ величественныхъ процессовъ могутъ быть прослѣжены въ равнинахъ, повидимому, не претерпѣвшихъ нарушеній, въ глубокихъ низменностяхъ и въ котловинахъ, заполнившихся водою и образовавшихъ моря.

Наиболѣе совершеннымъ проявленіемъ горообразующихъ силъ являются нарушенія въ напластованіи горныхъ породъ, выражающіяся образованіемъ трещинъ, сбросовъ и складокъ.

Подъ именемъ трещинъ разумѣется всякое нарушеніе цѣлости породъ, составляющихъ земную кору. Въ большинствѣ случаевъ трещины идутъ въ вертикальномъ направленіи, рѣже наклонены на незначительный уголъ и еще рѣже имѣютъ горизонтальное направленіе. Нерѣдко противоположныя стороны разрыва непосредственно примыкаютъ другъ къ другу и представляютъ блестящія поверхности, покрытыя бороздами, которыя указываютъ на происшедшее перемѣщеніе и позволяютъ опредѣлить его направленіе. Гораздо чаще между обѣими сторонами трещины остается промежуточное пространство, которое въ большинствѣ случаевъ заполняется различными минералами, рудами или изверженными породами и образуетъ такъ называемую „жилу“.

Движенія массъ, происходящія по обѣимъ сторонамъ трещины, чрезвычайно разнообразны. Это разнообразіе прежде всего выражается степенью перемѣщенія. Чаще всего оно едва только можетъ быть подмѣчено и выражается нѣсколькими сантиметрами, иногда достигаетъ нѣсколькихъ километровъ. Направленія перемѣщеній такъ же разнообразны, какъ и величина ихъ. Наиболѣе распространены такъ называемые *сбросы*, т.-е. осѣданія болѣе или менѣе значительныхъ частей земной коры вдоль трещинъ *). Путемъ ряда послѣдовательныхъ сбросовъ и образовалась западная сторона Шварцвальда, выдвигающаяся среди окружающей ее мѣстности. Но извѣстно немало случаевъ, когда значительные сбросы остаются незамѣтными на поверхности: трещина покрылась растительностью, а крутой обрывъ поднятаго крыла сброса сгла-

---

*) Плоскость, по которой происходитъ перемѣщеніе называется *плоскостью сброса*, самая трещина сбрасывающею трещиною, или просто *сбрасывателемъ* (Verwerfungskluft, Sprungskluft), а линія на поверхности, соотвѣтствующая простиранію трещины—*линіею сброса.* (Bruchlinie, eigne de faille, fault line). Перемѣщенныя части пластовъ называются *крыльями сброса* (Flügel, Seiten; cotés, sevrés, paroves; sides; walls): одно—*приподнятымъ или верхнимъ* (gehobene höhere; soulevés; uplifted, heaved и т.), другое—*опущеннымъ* или *нижнимъ* (gesunkene, tiefere; affaissée. abaissé, thrown, lowered; dropped); при наклонной плоскости сброса первое называется *висячимъ* (hängende; toit; hanging wall), а второе,—*лежачимъ* (liegende; mur; toat wall). Если крылья сброса плотно прилегаютъ другъ къ другу, то сбросъ называется *закрытымъ* (geschlossen; formée; close): если между крыльями остается свободное пространство, то сбросъ называется *открытымъ* или *зіяющимъ* (geöffnet; klaffen; ouverte; open). Ширина трещины называется *мощностью сбрасывателя.* Разность между высотою поднятаго (висячаго) и опущеннаго (лежачаго) крыла наз. *высотою* сброса.

Прим. перев.

женъ дѣйствіемъ долговременнаго размыванія. Вообще, извѣстно немного явленій, которыя подобно Шварцвальду наглядно показываютъ, къ какимъ грандіознымъ послѣдствіямъ ведетъ размываніе и какъ медленно совершаются горообразующіе процессы. Если бы не дѣйствовало размываніе, то тѣ огромные сбросы, отъ которыхъ не осталось на поверхности и слѣдовъ, выдвигались бы въ видѣ величественныхъ отвѣсныхъ стѣнъ.

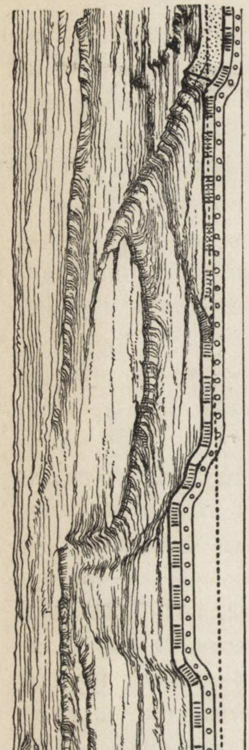


Рис. 236. Разрѣзъ черезъ плоскогорье Колорадо въ Сѣверной Америкѣ. (По Поуэллю.) Горизонтальные пласты со сбросами (слѣва) и флексорами (справа).

Одно изъ обычныхъ явленій при сбросахъ — такъ называемое искривленіе краевъ трещины (Schleppung der Bruchränder). Если сбросъ произошелъ въ горизонтальныхъ пластахъ, то въ опущенномъ или нижнемъ крылѣ его слои изгибаются по направленію кверху, а въ приподнятомъ или верхнемъ крылѣ — по направленію книзу. Для объясненія такого искривленія можно предположить, что передъ образованіемъ сброса осѣли глубоко залегающія породы и вызвали дугообразный изгибъ расположенныхъ надъ ними пластовъ. Съ теченіемъ времени осѣданіе съ одной стороны изгиба происходило сильнѣе, напряженіе возрастало, и когда оно перешло предѣлъ упругости, цѣлость породъ нарушилась: въ срединѣ дугообразнаго искривленія образовалась трещина, по которой произошелъ сбросъ; слѣды же первоначальнаго искривленія сохранились на его крыльяхъ.

Часто дѣло не доходитъ до образованія трещины. Горизонтальные пласты осѣдаютъ безъ нарушенія своей непрерывности. Въ такомъ случаѣ, вмѣсто сброса, получается такъ называемый *флексоръ* (перегибъ) (см. рис. 236). Изогнутая часть пластовъ, или, какъ говорятъ, *соединительное крыло*, обладаетъ различною степенью крутизны. Съ одной стороны, мы находимъ флексоры съ ничтожнымъ, почти незамѣтнымъ наклономъ изогнутой части, съ другой стороны — образованіе ихъ можетъ сопровождаться значительнымъ осѣданіемъ пластовъ и выражаться крутымъ паденіемъ соединительнаго крыла. Отсюда видно, что между флексорами и сбросами нѣтъ существеннаго различія. Нерѣдко степень осѣданія на протяженіи одной и той же линіи различна. Иногда даже наблюдается переходъ нижняго крыла сброса или флексора въ верхнее и наоборотъ. Вообще, подобныя перемѣщенія частей земной коры можно разсматривать, какъ послѣдствія осѣданій, т.-е. движеній книзу; слѣдуетъ, однако, замѣтить, что такія же нарушенія могутъ происходить вслѣдствіе тѣхъ причинъ, которыя вызываютъ образованіе складокъ. Въ этомъ случаѣ нарушеніе носитъ названіе *моноклинальной складки.* Въ сомнительныхъ случаяхъ вопросъ о происхожденіи изгиба рѣшается на основаніи геотектоническихъ особенностей окружающей мѣстности.

Если осѣданія происходятъ въ значительномъ масштабѣ, то замѣчается извѣстная правильность въ расположеніи трещинъ, сбросовъ и флексоровъ. Это наблюдается особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда осѣданія происходятъ въ мѣстности съ однороднымъ и простымъ геологическимъ строеніемъ, напр. когда сбросы и другія нарушенія сосредоточиваются въ равнинѣ, образованной горизонтально лежащими или слабо наклоненными пластами. Въ этомъ случаѣ мы можемъ различить нѣсколько

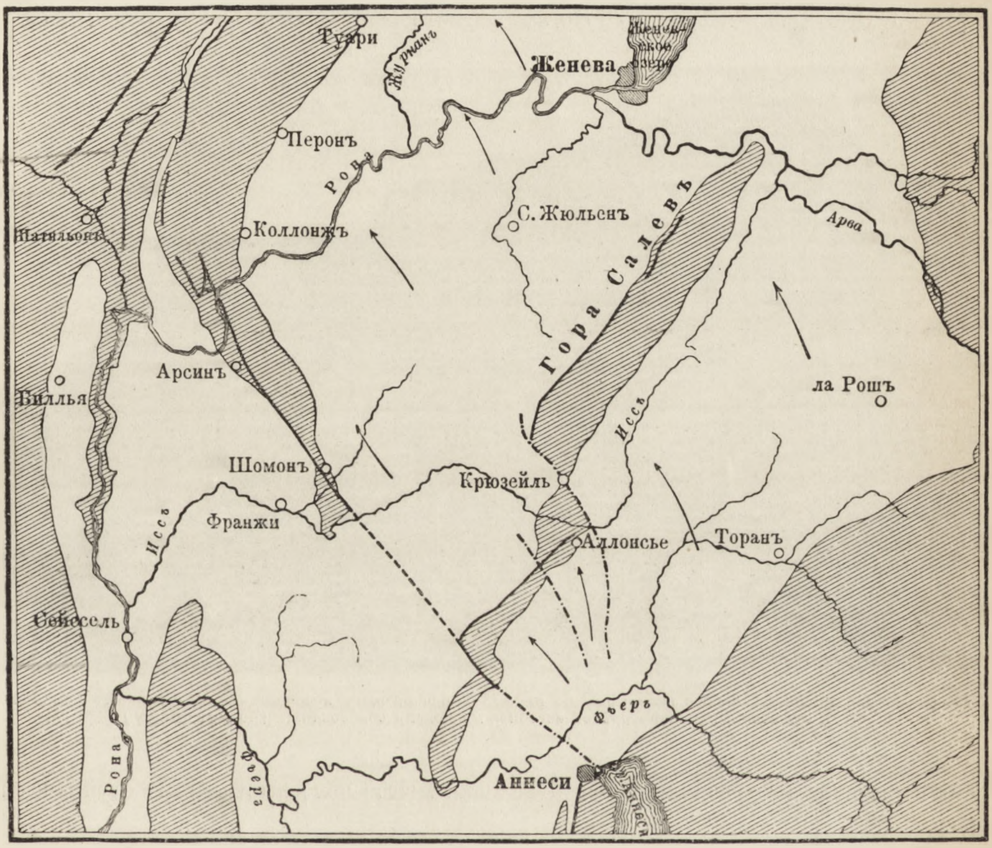


Рис. 237. Сдвиги въ цѣпи Монъ-Салевъ между Женевой и Аннеси. Стрѣлки отмѣчаютъ направленіе движенія. (По Шардту.)

типовъ въ расположеніи трещинъ и сбросовъ. Такъ, иногда вся осѣвшая площадь (бассейнъ или область опусканія) ограничивается дугообразно-изогнутыми или пересѣкающимися подъ угломъ сбросами. Такіе сбросы называются *периферическими*, ихъ слѣдуетъ отличать отъ *радіальныхъ* сбросовъ, которые въ видѣ какъ бы лучей сходятся къ наиболѣе осѣвшему мѣсту, и отъ неправильно расположенныхъ *діагональныхъ* сбросовъ. Въ другихъ случаяхъ область опусканія обладаетъ формою обширной равнины, которая прорѣзывается сѣтью пересѣкающихъ, рѣже параллельныхъ сбросовъ и флексоровъ различной высоты. Такія трещины, сбросы и флексоры называются *линейными* (Tafelbrüche).

Что касается высоты сбросовъ, одинъ подлѣ другого располагающихся, то она бываетъ чрезвычайно различной. Здѣсь опять можно выдѣлить нѣсколько типиче-

скихъ случаевъ. Нерѣдко наблюдается рядъ приблизительно параллельныхъ сбросовъ, происшедшихъ въ одномъ и томъ же направленіи: сброшенные массивы располагаются въ такомъ случаѣ въ видѣ ступеней лѣстницы, и сбросъ получаетъ названіе *ступенчатаго*, или *террасовиднаго*. Нѣкоторыя, приблизительно прямолинейныя, полосы опускаются глубже окололежащихъ частей, и такимъ образомъ возникаютъ *сбросовыя впадины* (Graben или Grabensenkungen). Массивъ, сохранившій свое первоначальное положеніе или осѣвшій менѣе окололежащихъ частей, называется *сбросовымъ выступомъ* (нѣмецкое названіе -- Horst, заимствованное *Зюссомъ* у рудокоповъ *).

Рис. 238. Складки каменноугольнаго известняка въ началѣ Манкшангскаго перевала въ центральныхъ Гималаяхъ. C_2, C_3 отложенія каменноугольной системы, P пермскія образованія. (По Грисбаху.)

По обѣ стороны его располагаются болѣе или менѣе ясно выраженные ступенчатые сбросы.

Мы отмѣтили нѣсколько типовъ трещинъ и сбросовъ. Конечно, этими немногими группами не исчерпывается все разнообразіе явленій. Въ природѣ картина значительно сложнѣе, особенно въ томъ случаѣ, когда сбросы сопровождаются склад-

---

*) Сопоставивъ англійскіе и французскіе термины для обозначенія такъ называемыхъ „Horst“ и „Graben“, мы нашли возможнымъ удержать принятыя нами выраженія („сбросовый выступъ“ и „сбросовая впадина“ или массивъ выдвинутый сбросомъ и массивъ осѣвшій вслѣдствіе сброса). Приводимъ для оправданія соотвѣтствующіе термины французовъ и англичанъ: 1, по *нѣм.*: Horst, Kippenhorst, Rücken: по *франц.*: Massif, surélévé, bande ou zone surélévé; butoir; по *англ.*: Lifted or heaved block, uplift, upthrust; 2, по *нѣм.*: Graben Grabensenkung, Bikataklase, Rinnen; по *франц.*: Massif affaissé, ou effondré; по *англ.*: Sunken block. Отсюда видно, что, значительная часть возраженій, которыя можно было бы сдѣлать нашему переводу, можетъ быть распространена на французскій и англійскій термины. Правильныхъ и выразительныхъ терминовъ слѣдуетъ искать въ языкѣ горнорабочихъ и въ народной рѣчи русскихъ переселенцевъ въ горахъ, а пока лучше обойтись менѣе точнымъ описательнымъ выраженіемъ, чѣмъ вводить обозначенія, заимствованныя изъ чужого языка и только переписанныя русскими буквами.

Прим. перев.

ками, или когда складчатыя горы прорѣзываются сбросами. И въ этихъ случаяхъ можно различить периферическіе и діагональные сбросы, сбросовые выступы и сбросовыя впадины, но въ общемъ расположеніе линій сбросовъ настолько уклоняется отъ схемы, что подмѣтить закономѣрную правильность въ кажущемся безпорядкѣ можно только при обстоятельномъ знакомствѣ съ строеніемъ мѣстности.

На ряду съ такъ называемыми сбросами, которые выражаются простымъ осѣданіемъ крыльевъ трещины, существуютъ еще такъ называемые *сдвиги* (Verschiebungen), т. е. перемѣщенія земной коры въ горизонтальномъ направленіи. Такъ, напр., въ Альпахъ нерѣдко можно видѣть слѣдующее: долина идетъ вдоль трещины; пласты горныхъ породъ, обнажающихся по обѣимъ ея сторонамъ, не соотвѣтствуютъ другъ другу. Такое нарушеніе можно объяснить горизонтальнымъ перемѣщеніемъ. Знаменитый примѣръ сдвига въ области верхняго Тунскаго озера описанъ Штудеромъ. Одно изъ крыльевъ сдвига перемѣщено въ данномъ случаѣ на цѣлую милю. Подобное же явленіе описано *Кауфманомъ* въ поясѣ молассовъ *), между Тунскимъ и Цюрихскимъ озерами. Явственные сдвиги наблюдаются въ цѣпи молассовъ, между Женевой и Аннеси, въ той замѣчательной мѣстности, гдѣ отъ Альпъ отдѣляются горныя цѣпи Юры (см. рис. 237). Часто величина перемѣщенія меньше чѣмъ въ приведенныхъ примѣрахъ, а иногда и совсѣмъ незначительна. Въ послѣднемъ случаѣ сдвиги чрезвычайно многочисленны и прорѣзываютъ горы цѣлыми группами. Иногда трещины, вдоль которыхъ произошелъ сдвигъ, заполняются цѣнными рудами. Такъ, напр., въ южныхъ Альпахъ, у Райбля, мы находимъ свинцовыя руды, а въ *Тауернскихъ* горахъ у Гастейна и Рауриса — минералы, содержащіе золото. Альпійскіе горнорабочіе назвали такія трещины „листами" (Blätter). *Зюссъ* перенесъ это названіе на всѣ тѣ дислокаціи, которыя связаны съ горизонтальнымъ перемѣщеніемъ **).

Гладкія отполированныя, иногда слегка изогнутыя плоскости сдвига, часто покрыты горизонтальными или слабо наклоненными бороздами и царапинами. Эти борозды и царапины свидѣтельствуютъ о направленіи происшедшаго перемѣщенія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ разорванные пласты на мѣстѣ сдвига немного изогнуты въ сторону движенія. Выше мы видѣли, что сбросъ съ изогнутыми крыльями представляетъ переходъ къ такъ называемому флексору. Выясненная сейчасъ особенность сдвиговъ показываетъ, что и они не отличаются по существу отъ такъ называемыхъ *сигмоидъ (Зюссъ)*, или горизонтальныхъ флексоровъ. Послѣдніе образуются въ томъ случаѣ, когда перемѣщенія земной коры въ горизонтальномъ направленіи происходятъ безъ нарушенія непрерывности породъ и сопровождаются дугообразнымъ ихъ изгибомъ, который только отчасти прорѣзывается трещинами. Такъ, напр., поясъ известняковъ сѣверо-восточной Швейцаріи, переходя черезъ Рейнъ, отклоняется къ сѣверу отъ пояса тріасовыхъ известняковъ восточныхъ Альпъ, которые лежатъ южнѣе; такое перемѣщеніе къ сѣверу сопровождалось дугообразнымъ изогнутіемъ. Точно также западная часть известняковъ Высокихъ Татръ въ области долины Бѣлки передвинута относительно восточной приблизительно на 5 км. къ сѣверу. Перемѣщеніе сопровожда-

---

*) Поясъ молассовъ состоитъ изъ верхне-третичныхъ горныхъ породъ и образуетъ самыя сѣверныя новѣйшія складки Альпъ.

**) Въ нѣмецкомъ языкѣ сдвигъ обозначается не только терминомъ „Verschiebung", но также и терминомъ „Blatt"

Прим. перев.

лось образованіемъ сигмоиды, которая была отчасти разорвана трещиной. Тѣсная связь сигмоидъ и сдвиговъ особенно рѣзко выступаетъ у Аннеси. Цѣпь Монъ-Салевъ прорѣзана рядомъ трещинъ, вдоль которыхъ произошли сдвиги. Образованіе послѣднихъ сопровождалось дугообразнымъ изогнутіемъ южнаго конца Юры (такъ называемаго „Reculet"; см. рис. 237).

Самымъ любопытнымъ проявленіемъ горообразующихъ силъ являются *складки*. Подъ этимъ именемъ разумѣются волнообразныя искривленія осадочныхъ пластовъ, которые первоначально лежали въ горизонтальномъ направленіи. Складки никогда не являются одиноко, а потому между двумя выпуклостями или такъ называемыми антиклиналями располагаются всегда мульды или синклинальныя складки (см. рис. 238). Смотря по положенію крыльевъ складки относительно плоскости горизонта, различаютъ прямыя или стоячія складки, наклонныя или косыя, лежачія и вѣерообразныя (см. рис. 239) *).

Складки обладаютъ иногда огромными размѣрами, иногда незначительными. Иногда онѣ поразительно правильны, иногда строеніе ихъ чрезвычайно запутано. Въ большинствѣ случаевъ системы складокъ тянутся на протяженіи нѣсколькихъ миль. На концахъ онѣ иногда выклиниваются и замѣщаются другими системами складокъ или останавливаются у трещинъ, иногда же постепенно наклоняются и переходятъ въ лежачее положеніе. Такимъ образомъ одна и та же система складокъ принимаетъ различныя формы: изъ стоячей переходитъ въ наклонную или даже лежачую. Какъ комбинируются складки въ гористыхъ странахъ, въ какой связи стоятъ онѣ съ различными типами горъ,—всего лучше можно видѣть на прилагаемомъ рисункѣ („Профили Альпъ и Швейцарской Юры").

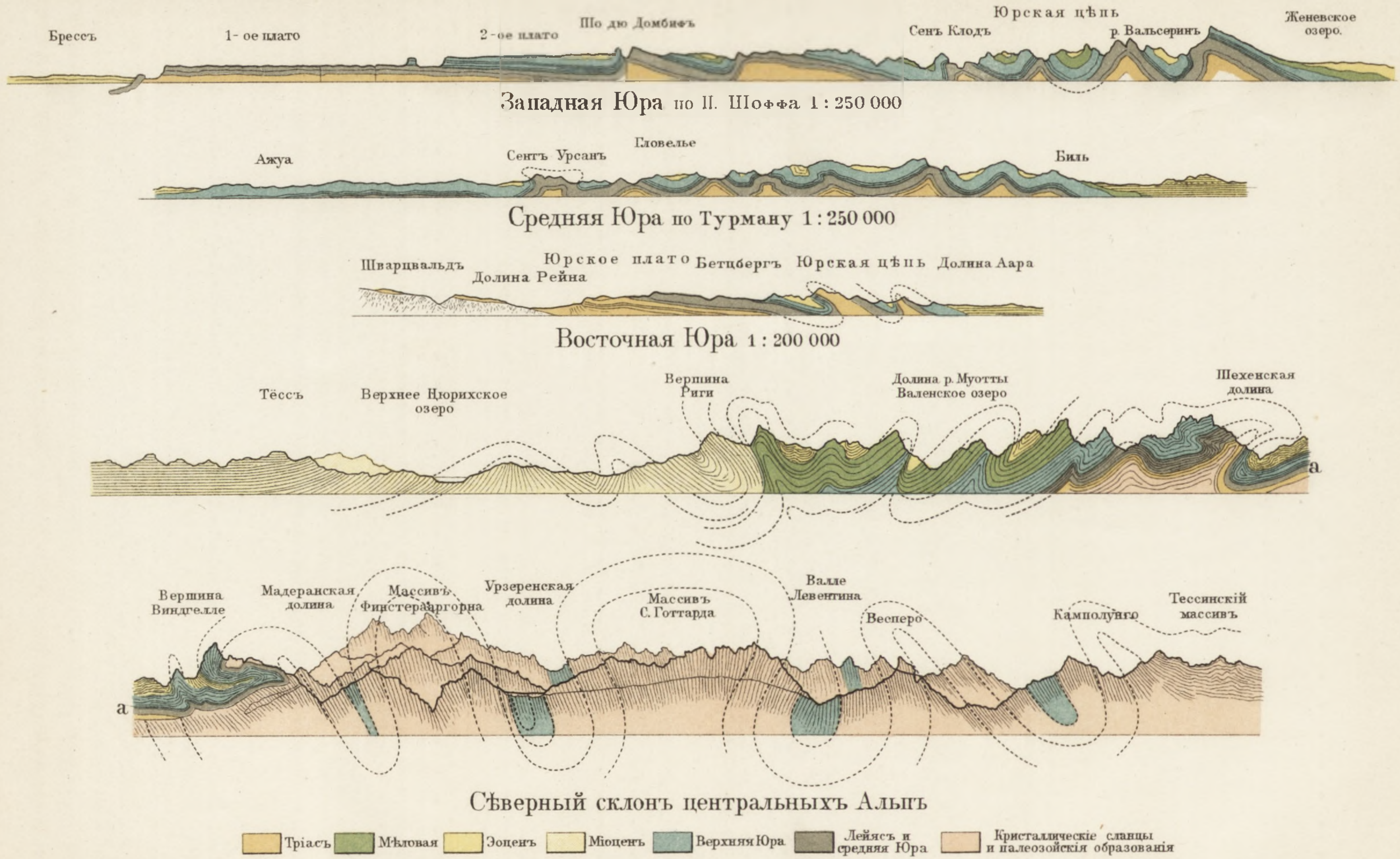
Бо́льшая или меньшая правильность складокъ зависитъ отъ упругости и крѣпости горныхъ породъ: при недостаточной величинѣ этихъ свойствъ происходитъ рядъ осложненій: на мѣстахъ перегиба нерѣдко нарушается непрерывность породъ, и вдоль оси складки образуется трещина. По этой трещинѣ происходитъ иногда перебросъ (Ueberschiebung, Aufschiebung) или надвиганіе висячаго крыла складки на лежачее. Если такія нарушенія повторяются въ цѣломъ рядѣ слѣдующихъ другъ за другомъ складокъ, то получается система приблизительно параллельныхъ, такъ называемыхъ *складчатыхъ сбросовъ*: въ такихъ случаяхъ на мѣстѣ складокъ образуется система выступовъ съ одинаковою послѣдовательностью пластовъ въ каждомъ изъ нихъ (по *Зюссу* — Schuppen, „чешуи").

Наиболѣе замѣчательные случаи перемѣщеній приковывали къ себѣ вниманіе геологовъ съ давнихъ временъ. Такъ напр., уже много лѣтъ назадъ было извѣстно,

---

*) Какъ было упомянуто выше, *антиклинальною* складкою или *сѣдломъ* назыв. складка, обращенная выпуклостью вверхъ (Anticlinalfalte, Gewölbe, Sattel; pli anticlinal, voûte, selle; anticlinal fold, arch, roll, saddle), а *синклинальною* складкою или мульдою—складка, выпуклость которой направлена внизъ (Sinclinalfalte, Mulde; pli sinclinal, fond de bateau, auge, maît, synclinal fold, trough, basin). Бока складки назыв. *крыльями* или *бедрами* (Schenkel, Flügel; les flanes ailes; jambayes, pans; the limbs, sides, flancs, shanks, members и т. п.). Та часть складки, гдѣ крылья сходятся, назыв. *перегибомъ сѣдла* (Gewölbebiegung; charniére anticlinale ou sommet, tête, clef de voûte; crest, crown, archbend, anticlinal turn, archcurve) и *перегибомъ мульды* (Muldebiegung; charniére synclinal ou fond; trough curve, trough bend, synclinal turn). Линія или плоскость, раздѣляющая складку на двѣ равныя половины, назыв. *осевою линіею* или осью складки (Muldelinie oder Gewölbelinie; arête synclinal ou anticlinale; botton-linie or-crest-linie).

Прим. перев.



ПРОФИЛИ АЛЬПЪ И ШВЕЙЦАРСКОЙ ЮРЫ (по Гейму).

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

что кристаллическія массы Лужицкихъ горъ и горъ Ештедъ (Ieschkengebirge) ограничены у ихъ внутренняго края трещиной, которая простирается въ юго-восточномъ направленіи и круто падаетъ на сѣверо-востокъ; по этой линіи произошелъ такъ называемый перебросъ (взбросъ) гранитовъ и другихъ архейскихъ породъ, которыя, надвинувшись съ сѣвера, легли надъ юрскими и мѣловыми отложеніями саксонско-чешской области. Поясъ взброса можетъ быть прослѣженъ отъ Оберау у Мейсена до Либенау близъ

Рис. 239. Различные виды складокъ. (По Гейму.)

Циттау на протяженіи приблизительно 127 км. Такое же явленіе, но въ значительно меньшихъ размѣрахъ, повторяется и у юго-западнаго края чешскаго массива у Фогларна, близъ Ортенбурга, въ Баваріи. Но гораздо грандіознѣе взбросъ, издавна извѣстный во Франціи: онъ можетъ быть прослѣженъ отъ Булони у Па-де-Кале до окрестностей Аахена на протяженіи 380 км. На поверхности этой холмистой мѣстности, по-

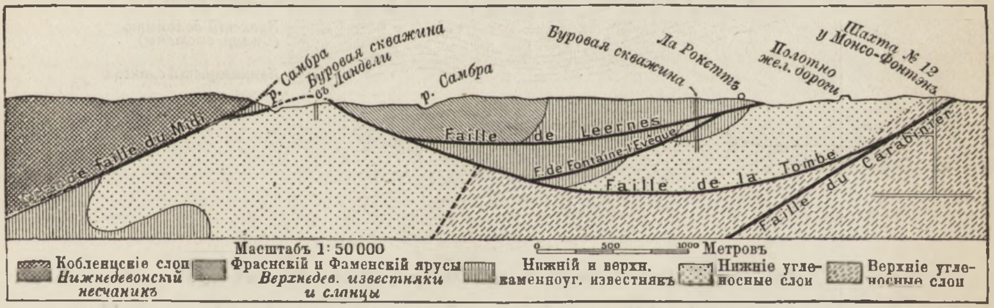


Рис. 240. Перебросъ въ бельгійскомъ каменноугольномъ бассейнѣ у Ландели. (По Бріару.)

крытой мѣловыми осадками, не видно и слѣдовъ тѣхъ громадныхъ нарушеній, которыя произошли въ подстилающихъ породахъ; мы бы ничего не знали объ этихъ явленіяхъ, если бы они не отразились на угленосныхъ пластахъ каменноугольной системы, которые были захвачены перемѣщеніемъ. Неистощимыя подземныя богатства способствовали усиленному развитію горнаго дѣла, и благодаря этому, сдѣлалось извѣстно, что на продуктивный отдѣлъ каменноугольной системы надвинуты съ юга болѣе древніе каменноугольные известняки и даже девонскія отложенія. Рис. 240 даетъ нѣкоторое представленіе о чрезвычайной сложности происшедшей дислокаціи, что же касается громадности перемѣщенія, то объ этомъ можно судить по мощности нарушенныхъ пластовъ: значительно размытые остатки угленосныхъ пластовъ достигаютъ 2100 м., а надвинутые каменноугольные известняки и девонскія отложенія — 2500 м. въ толщину.

Въ самое послѣднее время явленія перемѣщеній (дислокацій) снова сдѣлались предметомъ обсужденій: оказалось, что они гораздо распространеннѣе и разнообразнѣе, чѣмъ думали раньше. *Зюссъ* доказалъ, что края складчатыхъ хребтовъ на границѣ

плоскихъ предгорій обнаруживаютъ особенную наклонность къ перебросамъ. *Мюльбергъ* описалъ замѣчательный перебросъ на сѣверномъ краю Юры, *Бертранъ* наблюдалъ цѣлый рядъ подобныхъ явленій у Алло (Allauch), Боссета, Драгиньяна, въ цѣпи Санъ-Бомъ — у сѣвернаго края Гіерійскаго массива въ Провансѣ и въ Корбьеръ (въ Пиринейскихъ горахъ). Цѣлый рядъ перебросовъ былъ отмѣченъ въ Шотландіи и въ Альпахъ. Перебросы въ Аппалахской области, въ восточныхъ частяхъ Сѣверной Америки были описаны *Хайесомъ* (Hayes) и *Уиллисомъ;* они могутъ быть прослѣжены не

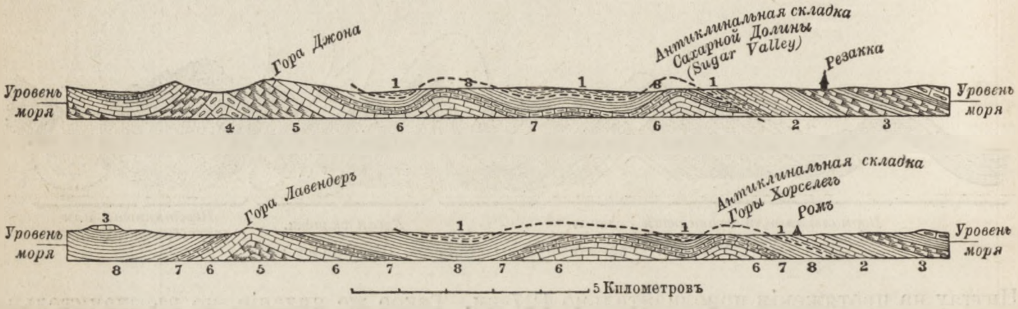


Рис. 241 и 242. Перебросы въ Аппалахскихъ горахъ. (По Хайесу.)

Кембрійская система: 1) Сланецъ Кооза; 2) Ромскій песчаникъ и Вейснерскій кварцитъ; 3) Конназаугскій сланецъ; Силурійская система: 4) Кнокскій доломитъ; 5) Чикамаугскій известнякъ и Рокмартскій сланецъ; 6) Роквудскія пласты. — Нижній отдѣлъ каменноугольной системы; 7) Фортъ — Пэнскій роговикъ; 8) Флойдскій сланецъ.

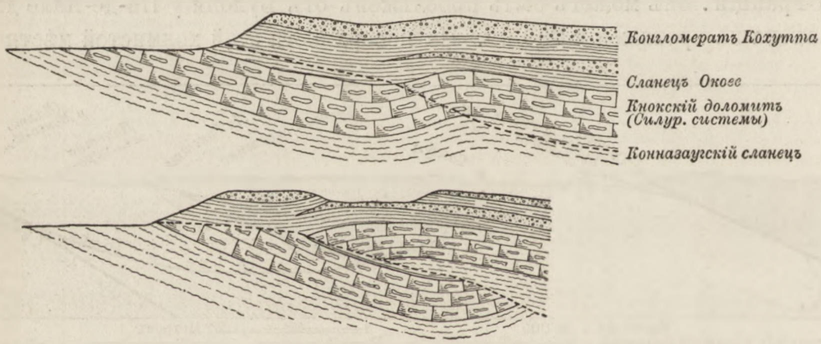


Рис. 243 и 244. Происхожденіе аппалахскаго переброса. (По Хайесу.)

менѣе, чѣмъ на протяженіи 440 км. Они начинаются на границѣ штата Теннесси и простираются къ юго-юго-западу. На западѣ кембрійскія отложенія были надвинуты на каменноугольные пласты, на востокѣ же метаморфическіе сланцы легли на поверхность кембрійскихъ породъ съ окаменѣлостями. Въ Аппалахской области и въ Провансѣ особенно поразительна незначительная покатость (приблизительно 5 градусовъ) плоскости, по которой произошелъ перебросъ (см. рис. 241—244). Явленіе было удовлетворительно объяснено Уиллисомъ и Хайесомъ. Эти ученые предполагаютъ, что процессъ начался образованіемъ незначительной моноклинальной складки; благодаря недостаточной упругости пластовъ, произошелъ разрывъ (см. рис. 243—244). Мало-упругій кнокскій доломитъ (нижняго отдѣла силурійской системы) залегаетъ здѣсь между пластами сланцевъ: Конназаугскій сланецъ образуетъ его лежачій бокъ, а сланецъ Окоее — висячій бокъ *). Будучи неспособнымъ къ образованію полной складки,

*) Совокупность пластовъ, располагающихся другъ на другѣ, называется *системою, рядомъ или свитою* пластовъ. Каждый нижележащій пластъ составляетъ *подошву* или *постель* вышележащаго, а каждый вышележащій пластъ — *кровлю* нижележащаго. При наклонномъ положеніи пластовъ кровля называется *висячимъ бокомъ* пласта, а постель—*лежачимъ бокомъ.* *Прим. перев.*

доломитъ далъ трещину: малая прочность и положеніе сланцевъ опредѣлили ничтожный наклонъ плоскости, по которой произошелъ на большомъ протяженіи перебросъ.

Иной характеръ носятъ подобныя нарушенія въ Альпахъ и въ другихъ складчатыхъ горахъ. Тамъ они сопровождаются образованіемъ косыхъ складокъ съ ясно выраженными бедрами. Иногда даже среднее крыло такой складки является совершенно раздавленнымъ. Такимъ образомъ въ однихъ случаяхъ образованіе складокъ сопровождается взбросами, въ другихъ же случаяхъ горныя породы, безусловно непластичныя при обычныхъ условіяхъ, обнаруживаютъ способность, къ сильному сгибанію. Такъ напр., такія малоупругія породы, какъ глина, глинистые сланцы, слюдяные сланцы и т. п., хрупкіе известняки, доломиты, песчаники и, наконецъ, самые твердые кварциты, роговики и кремни сгибаются въ складки безъ нарушенія своей цѣлости и безъ образованія трещинъ.

Можно было бы предположить, что та-

Рис. 245. Гстеллигорнъ, возвышающійся надъ долиною Урбаха (Бернское нагорье). Гнейсъ отмѣченъ болѣе свѣтлою тушовкою, верхнеюрскій известнякъ болѣе темною; пласты незначительной мощности, залегающіе между ними (среднеюрскіе доломиты), отмѣчены черною линіей.

кія складки образовались въ то время, когда породы еще не затвердѣли. Но этому предположенію противорѣчатъ всѣ факты. Нерѣдко въ образованіи одной и той же складки принимаютъ участіе палеозойскія, верхне-мезозойскія и даже третичныя отложенія. Число складокъ, въ образованіи которыхъ принимаютъ участіе всѣ мезозойскіе пласты, громадно. Было бы нелѣпо думать, что пестрые песчаники тріасовой системы были рыхлыми, а раковистый известнякъ являлся просто скопленіемъ скорлупокъ въ то время, когда отлагались верхнемѣловые пласты. Предположеніе это тѣмъ болѣе невѣроятно, что въ конгломератахъ мѣлового періода и даже болѣе древняго возраста встрѣчаются обломки вполнѣ затвердѣвшихъ породъ (напр., твердые юрскіе известняки въ неокомскихъ породахъ Карпатовъ). *Бальцеръ* выяснилъ любопытныя подробности въ залеганіи осадочныхъ образованій и гнейсовъ Финстерааргорна: горизонтально расположенные гнейсы и юрскіе известняки клинообразно внѣдряются здѣсь другъ въ друга. Подобныя же явленія характерно выражены на Юнгфрау, Веттергорнѣ, Меттенбергѣ, Гстеллигорнѣ и др. Рис. 245 изображаетъ послѣднюю изъ названныхъ горъ; онъ показываетъ, какъ гнейсы, отмѣченные болѣе свѣтлою тушевкой, внѣдряются въ известняки, которые затушеваны болѣе густо. Длинные клинья известняка и гнейса обладаютъ такою формой, какъ будто бы во время образованія складокъ они находились въ полутвердомъ тѣстообразномъ состояніи. И тѣмъ не менѣе очевидно, что архейскія породы, внѣдряясь въ юрскіе известняки, должны были быть столь же тверды, какъ и въ наше время.

Рис. 246. Складчатый сланецъ съ двумя сдвигами. (По Гейму).

На ряду съ пластическими деформаціями (рис. 246) наблюдаются во многихъ случаяхъ нарушенія, связанныя съ разрывомъ цѣлости породы („rupturelle Deformation“ *Рейера*). Съ другой стороны очень часто въ предѣлахъ даннаго пласта наблюдаются искривленія, причемъ даже съ помощью лупы нельзя замѣтить и слѣдовъ трещинъ. Подъ вліяніемъ давленія въ пластахъ конгломератовъ происходитъ любопытное нарушеніе: гальки пріобрѣтаютъ параллельное расположеніе и, какъ показалъ *Рёйшъ* (Reusch), вытягиваются въ длину, сгибаются и даже образуютъ складки. Мельчайшія минеральныя частицы многихъ сланцевъ подъ вліяніемъ бокового давленія нерѣдко располагаются по параллельнымъ линіямъ, и порода пріобрѣтаетъ такъ называемую *вторичную* или *ложную сланцеватость* (sekundäre, transversale oder falsche Schieferung), которая бываетъ иногда выражена явственнѣе, чѣмъ первоначальная (см. рис. 246). Окаменѣлости нерѣдко бываютъ разорваны и вытянуты въ длину: въ нѣкоторыхъ верхнеюрскихъ известнякахъ Швейцаріи встрѣчаются белемниты, разорванные на части и вытянутые въ длину (въ три раза больше настоящей ихъ величины), порода же, ихъ заключающая, нигдѣ не представляетъ нарушенія ея цѣлости (см. рис. 248). Всѣ такія явленія могутъ быть объяснены только допущеніемъ въ горныхъ породахъ извѣстной пластичности.

По мнѣнію *Гейма*, нарушеніе безъ разрывовъ цѣлости (bruchlose Umformung) происходитъ вслѣдствіе высокаго давленія, которое господствуетъ на извѣстной глубинѣ подъ поверхностью земли. Это давленіе, производимое вышележащими массами, переходитъ за предѣлъ крѣпости всѣхъ тѣлъ; оно распространяется, подобно гидростатическому давленію, во всевозможныхъ направленіяхъ и приводитъ горныя породы въ скрыто-пластическое состояніе. Если вслѣдствіе долговременно дѣйствующаго боковаго давленія будетъ нарушено равновѣсіе, то слѣдствіемъ этого явится нарушеніе безъ разрыва цѣлости породъ. Сказанное подтверждается опытами *Шпринга* и *Кика*. Первый изслѣдователь бралъ порошокъ или опилки свинца, висмута, олова, цинка, алюминія, мѣди, сурьмы, платины, сѣры и перекиси марганца; онъ подвергалъ ихъ давленію въ 2000—6000 атмосферъ и получалъ сплошные куски, кото-

Рис. 247. Схематическій профиль известняковъ „клиньевъ" въ гнейсѣ Бернскаго нагорья а) известнякъ b) гнейсъ. (По Бальцеру.)

рые отчасти давали кристаллическій изломъ. *Кикъ* вкладывалъ мраморный цилиндръ въ чугунный сосудъ, точно къ нему подобранный, и подвергалъ его высокому давленію. Мраморъ подъ вліяніемъ давленія обладалъ всѣми свойствами пластической массы. *Штапфъ* въ Альгамбрѣ Гренады видѣлъ тонкій мраморный столбъ, который былъ изогнутъ безъ излома: очевидно, это измѣненіе было вызвано давленіемъ вышележащихъ частей стѣны.

Изслѣдованіе изогнутыхъ горныхъ породъ подъ микроскопомъ раскрываетъ рядъ любопытныхъ подробностей. *Гюмбель* приготовилъ тонкій шлифъ породы, которая была сложена въ складки, повидимому, безъ нарушенія цѣлости. Разсматривая его простымъ глазомъ и подъ лупой, *Гюмбель* не могъ найти и слѣдовъ трещинъ, но при сильномъ увеличеніи было ясно, что вся порода раздроблена на мельчайшія частицы, которыя затѣмъ образовали снова сплошную массу (см. рис. 249). Если изслѣдовать подъ микроскопомъ одну изъ горныхъ породъ, содержащихъ слюду, то можно видѣть что листочки слюды обыкновенно вытянуты; у остріевъ и на мѣстѣ перегиба они обладаютъ волокнистымъ строеніемъ и обнаруживаютъ множество трещинъ; кристаллы роговой обманки часто раздроблены и изогнуты; то же замѣчается и въ полевыхъ шпатахъ. Даже въ кварцѣ такихъ породъ замѣтны нѣкоторые слѣды перемѣщенія частицъ. Такимъ образомъ и возникаетъ своеобразная микробрекчіевая или катакластическая структура. Подобныя явленія, поскольку они обнаруживаются въ доступ-

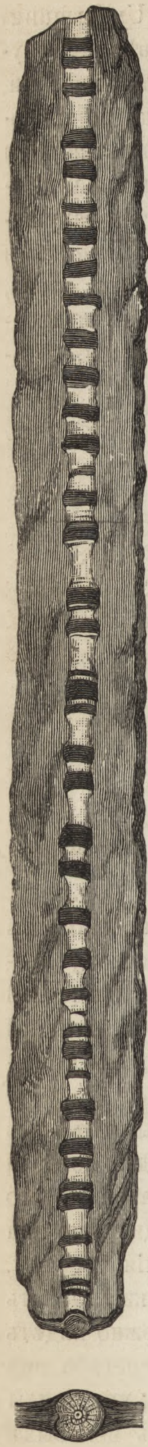


Рис. 248. Белемнитъ въ кускѣ сланца въ нѣсколькихъ мѣстахъ разорванный на куски: черныя мѣста — части белемнита, промежутки между ними — углекислый кальцій. Небольшая фигура *a* представляетъ поперечное сѣченіе того же куска сланца. (По Гейму.)

ныхъ намъ породахъ, могутъ быть въ настоящее время объяснены слѣдующимъ образомъ: всѣ нарушенія безъ разрыва цѣлости сопровождаются скольженіемъ мельчайшихъ частицъ, медленной перегруппировкой ихъ и новымъ спаиваньемъ; при этомъ не исключается возможность образованія мельчайшихъ разрывовъ и трещинъ. Всѣ условія, благопріятствующія скольженію частицъ, могутъ способствовать образованію такихъ пластическихъ нарушеній. Такъ напр., влага, содержимая породами, имѣетъ въ этомъ смыслѣ огромное значеніе, такъ какъ она уменьшаетъ внутреннее треніе. Съ другой стороны, присутствіе въ породѣ глиноподобныхъ частицъ или листочковъ гибкихъ минераловъ, каковы хлоритъ, слюда, талькъ, увеличиваетъ пластичность всей породы. Во всякомъ случаѣ описанныя нарушенія требуютъ не только извѣстной силы давленія, но также достаточной его продолжительности и равномѣрности.

Давленіе, необходимое для образованія складки безъ разрыва цѣлости породъ, зависитъ отъ свойствъ матеріала. *Уиллисъ* и *Хайесъ* вычислили, что для изгиба силурійскихъ известняковъ Аппаллахской области достаточно давленіе въ 11,000—34,000 англійскихъ фунтовъ на кв. дюймъ. *Геймъ* предполагаетъ, что всѣ горныя породы на глубинѣ приблизительно 2000 м. находятся въ пластическомъ состояніи, которое обусловлено давленіемъ вышележащихъ массъ. Но это предположеніе рѣшительно опровергается фактами. Явленія, наблюдавшіяся въ большомъ альпійскомъ туннелѣ, въ буровыхъ скважинахъ (самая глубокая изъ нихъ — у Парушовицъ, въ Верхней Силезіи, достигаетъ болѣе, чѣмъ 2000 м.) находятся съ нимъ въ противорѣчіи. Опираясь на эти факты, *Рейеръ* доказалъ, что данный столбъ горныхъ породъ не можетъ производить внутри земной коры то же давленіе, какое производилъ бы онъ на подстилающія его массы, если бы свободно стоялъ на поверхности: частицы такого столба испытываютъ на глубинахъ сильное боковое давленіе, которое, удерживая ихъ взвѣшенными на извѣстной высотѣ, уменьшаетъ давленіе этихъ частицъ по направленію книзу. Точно также было показано, что твердые пласты могутъ выдерживать тяжесть вышележащихъ массъ, не усиливая своего давленія на подстилающія ихъ породы. Такимъ образомъ область, гдѣ господствуетъ всестороннее давленіе, должна лежать въ земной корѣ на значительныхъ глубинахъ.

Познакомившись съ различными видами нарушеній, которыя происходятъ въ напластованіи слоистыхъ породъ, мы должны теперь выяснить, дѣйствіемъ какихъ *силъ* обусловливаются эти процессы. Вопросъ долженъ быть разсмотрѣнъ съ двухъ сторонъ: необходимо рѣшить задачу съ чисто механической точки зрѣнія и опредѣлить въ какомъ направленіи должна была дѣйствовать сила, чтобы вызвать образованіе складки или перемѣщеніе въ томъ или другомъ направленіи. При этомъ мы

не должны касаться вопроса о происхожденіи этой силы и о связи ея съ тѣми или другими процессами, совершающимися въ земной корѣ; въ данномъ случаѣ безразлично, имѣемъ-ли мы дѣло съ явленіемъ, происходящимъ въ природѣ, искусственно воспроизведеннымъ въ лабораторіи, или, наконецъ, съ чисто воображаемымъ, математически возможнымъ случаемъ. Разсмотрѣвъ вопросъ съ этой стороны, мы должны перейти къ рѣшенію другой несравненно болѣе важной для геолога задачи и выяснить, какъ различныя нарушенія произошли въ природѣ: здѣсь уже мы не можемъ изслѣдовать каждое явленіе въ отдѣльности, но должны разсматривать его въ связи съ другими нарушеніями, наблюдаемыми въ предѣлахъ всей горной системы.

Остановимся прежде всего на самомъ простѣйшемъ случаѣ. Самымъ немногосложнымъ видомъ нарушенія является прямая трещина, крылья которой перемѣстились другъ относительно друга въ вертикальномъ направленіи. Очевидно, что для образованія такого сброса должна была дѣйствовать нѣкоторая сила по направленію сверху внизъ или наоборотъ: она вызвала относительное перемѣщеніе крыльевъ, сама же трещина, по которой произошелъ сбросъ, могла образоваться и инымъ путемъ. Если вдоль трещины перемѣщеніе произошло въ горизонтальномъ направленіи (сдвигъ), то мы должны допустить, что сила дѣйствовала сбоку. Что касается складокъ, то здѣсь дѣло представляется уже не столь простымъ. Можно думать что складки образованы дѣйствіемъ силы, направленной снизу: если мы имѣемъ систему складокъ, то слѣдуетъ предположить, что на глубинѣ существовалъ рядъ параллельныхъ линій, по которымъ происходило поднятіе. Хотя такое допущеніе представляется и мало естественнымъ, но съ механической точки зрѣнія оно вполнѣ возможно. Впрочемъ, образованіе складокъ можно разсматривать и какъ слѣдствіе силъ, дѣйствовавшихъ въ горизонтальномъ направленіи. Если мы вообразимъ, что складки какимъ-нибудь образомъ разогнулись, то пласты, ихъ образовавшіе, займутъ большую площадь. Наоборотъ, образованіе складокъ ведетъ къ сокращенію той поверхности, которую занимаютъ горныя породы. Отсюда-то и можно думать, что складки своимъ происхожденіемъ обязаны горизонтальному сжатію. Справедливость такого предположенія можетъ быть доказана опытомъ: возьмемъ нѣсколько разноцвѣтныхъ четыреугольныхъ кусковъ сукна, положимъ ихъ другъ на друга, а сверху надавимъ какою-нибудь тяжестью, напр. книгой; поставимъ съ боковъ двѣ другія книги и будемъ ихъ сдвигать: вслѣдствіи бокового давленія куски сукна образуютъ рядъ правильныхъ складокъ.

Рис. 249. Складчатый глинистый сланецъ съ многочисленными трещинами на мѣстахъ перегиба; въ естеств. величину.

Нѣкоторые факты не позволяютъ сомнѣваться, что образованіе складокъ произошло именно такимъ путемъ. Такъ напр., существованіе лежачихъ и даже внѣ-

дряющихся другъ въ друга складокъ, вродѣ тѣхъ, которыя мы видѣли на сѣверномъ краю Финстерааргорна (рис. 245 и 247), а также распространенность въ складчатыхъ горахъ такъ называемыхъ перебросовъ и образованiе вторичной сланцеватости съ крутымъ положенiемъ слоевъ, указываетъ, что всѣ эти нарушенiя произошли вслѣдствiи бокового давленiя, дѣйствовавшаго въ горизонтальномъ направленiи.

На этомъ мы пока и остановимся, съ тѣмъ, чтобы впослѣдствiи, говоря о горообразующихъ процессахъ, снова вернуться къ этому предмету.

Прежнiя теорiи горообразованiя.

Уже съ давнихъ временъ различные изслѣдователи допускали, что на поверхности земли происходитъ поднятiе и осѣданiе почвы. Даже вулканы ставились въ связь съ процессами горообразованiя. Но всѣ эти взгляды не имѣли широкаго распространенiя. Даже во второй половинѣ прошлаго столѣтiя, когда уже зарождалась научная геологiя, не существовало еще правильныхъ теорiй образованiя горъ, и *Вернеръ*, создатель геологiи, предполагалъ, что всѣ горныя породы, за исключенiемъ гнейсовъ, гранитовъ и т. п., а также лавъ современныхъ вулкановъ, образованы водою и сохранили то расположенiе, которое прiобрѣли во время отложенiя. Онъ думалъ, что горы образовались путемъ вывѣтриванiя горныхъ массъ и что нарушенiя напластованiя — явленiе чисто мѣстное, вызванное обвалами.

Какъ большинство ошибокъ *Вернера*, это неправильное пониманiе горообразующихъ процессовъ объясняется тѣмъ, что великiй геологъ не выѣзжалъ никогда за предѣлы той ограниченной области, въ которой онъ жилъ, и изслѣдовалъ только окрестности Фрейберга. Но какъ только наблюденiя были распространены на большее пространство и главнымъ образомъ на значительныя горныя системы, несправедливость взглядовъ *Вернера* немедленно обнаружилась. Одинъ изъ первыхъ изслѣдователей въ этой области, *Соссюръ*, нашелъ, что крутое расположенiе пластовъ представляетъ обычное явленiе въ Альпахъ. Наблюдая на Монбланѣ у Валорзины вертикально стоящiе пласты конгломератовъ, онъ пришелъ къ заключенiю, что здѣсь происходило огромное поднятiе, которое охватывало всю горную систему и которое можетъ быть прослѣжено и въ другихъ мѣстахъ Альпъ.

Объясненiя *образованiя горъ*, предлагавшiяся въ теченiи ближайшихъ десятилѣтiй, стоятъ въ тѣсной связи съ общими теорiями, господствовавшими тогда въ геологiи. Въ противоположность послѣдователямъ *Вернера* плутонисты видѣли причину появленiя горъ въ напорѣ огненно-жидкихъ массъ. Какъ было выше указано, одно время пользовалось большимъ авторитетомъ ученiе о кратерахъ поднятiя. Теорiя эта распространялась на происхожденiе всѣхъ возвышенностей: предполагали, что и горныя цѣпи приподняты огненно жидкими массами, напиравшими снизу на земную кору. Въ среднемъ поясѣ Альпъ были открыты граниты, гнейсы и другiя кристаллическiя породы; имъ и была приписана главная роль въ поднятiи этой горной системы. Въ нѣкоторыхъ горахъ, какъ напр., въ Юрѣ, кристаллическiя горныя породы отсутствуютъ. Но это не препятствовало распространять теорiю поднятiя и на такiя системы: предполагалось, что эти массы не достигли только поверхности и залегаютъ въ глубинахъ. По этой теорiи горы должны были образоваться мгновенно.

Само собою разумѣется, что взгляды различныхъ изслѣдователей не вполнѣ совпадали между собою. Мы не можемъ входить здѣсь во всѣ подробности ученія плутонистовъ и остановимся только на одной своеобразной теоріи, которая замѣчательна какъ по широтѣ своей точки зрѣнія, такъ и по своимъ ошибкамъ. Знаменитый французскій изслѣдователь *Эли де-Бомонъ* пытался опредѣлить направленіе и возрастъ всѣхъ горныхъ системъ земли, а также выяснить законы ихъ расположенія. Этотъ ученый впервые опредѣлялъ время образованія различныхъ горъ и въ нѣкоторыхъ случаяхъ получилъ правильные выводы. Въ этомъ и заключается громадная заслуга *Эли де-Бомона.* Методъ, примѣняемый имъ, чрезвычайно ясенъ и простъ: опредѣляется возрастъ самаго молодого изъ тѣхъ пластовъ, которые принимали участіе въ поднятіи (см. рис. 250), а также возрастъ древнѣйшаго изъ тѣхъ отложеній, которыя располагаются у подножія горъ и не обнаруживаютъ нарушенія въ ихъ напластованіи. Несомнѣнно, что поднятіе горнаго хребта должно было совершиться въ теченіи того времени, которое протекло между образованіемъ приподнятыхъ и горизонтальнолежащихъ слоевъ.

Какъ ни важно было введеніе этого метода, тѣмъ не менѣе въ способѣ его примѣненія *Эли де-Бомономъ* заключается ошибка. Онъ предполагалъ, что горы были приподняты мгновенно, между тѣмъ какъ образованіе сложныхъ горныхъ цѣпей происходитъ въ теченіи долгаго времени. Пользуясь методомъ *Эли де-Бомона,* мы можемъ опредѣлить время только самой послѣдней стадіи горообразующаго процесса. Пояснимъ это простымъ примѣромъ. На островѣ Косѣ, у берега Малой Азіи, отложенія различныхъ возрастовъ обнаруживаютъ различное напластованіе (см. рис. 251). Наиболѣе высокія горы этой мѣстности состоятъ изъ кристаллическихъ сланцевъ, мраморовъ, а также известняковъ мѣловой системы. Всѣ эти породы значительно приподняты, напластованіе ихъ сильно нарушено. Къ этимъ горнымъ массамъ, образующимъ твердый остовъ острова, прилегаютъ болѣе позднія отложенія, относящіяся къ третичному періоду, и обнаруживающія менѣе нарушеній въ ихъ напластованіи. Древнѣйшіе изъ этихъ пластовъ образованы прѣсноводными известняками міоценоваго возраста, которые поднимаются у склоновъ хребта на высоту до 300 м. и падаютъ подъ угломъ въ 45°. За ними слѣдуютъ нижнепліоценовыя прѣсноводныя отложенія и болѣе позднія пліоценовые морскіе осадки; и тѣ и другіе поднимаются у склоновъ горъ на меньшую высоту и обнаруживаютъ наклонъ только въ 15—20°. Наконецъ, новѣйшія морскія отложенія, образовавшіяся въ самомъ концѣ пліоценовой и во время дилювіальной эпохи, располагаются горизонтально у края горнаго хребта. На этомъ примѣрѣ можно видѣть, что въ наклонѣ древнѣйшихъ и новѣйшихъ образованій замѣчается послѣдовательный рядъ переходовъ, соотвѣтствующій различнымъ стадіямъ образованія горъ. Процессъ поднятія начался послѣ отложенія мѣловыхъ известняковъ и предшествовалъ образованію міоценовыхъ прѣсноводныхъ отложеній, которыя въ свою очередь испытали нарушенія до начала образованія пліоценовыхъ пластовъ; послѣднія стадіи горообразующаго процесса могутъ быть прослѣжены вплоть до образованія верхне-пліоценовыхъ осадковъ. Такимъ образомъ точное изслѣдованіе показываетъ, что поднятіе горной системы острова Коса произошло въ теченіи чрезвычайно долгаго періода. Между тѣмъ, примѣняя методъ *Эли де-Бомона,*

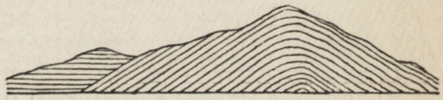


Рис. 250. Схема для опредѣленія возраста горъ. Складчатые слои отложились до возникновенія горнаго хребта, горизонтальные — послѣ него.

мы пришли бы къ выводу, что весь горообразующій процессъ ограничивается незна-чительнымъ промежуткомъ времени, протекшимъ между отложеніемъ новыхъ и новѣй-шихъ пліоценовыхъ пластовъ.

Позднѣе даже самъ *Эли де-Бомонъ* былъ принужденъ допустить въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, напр. въ Пиринеяхъ, цѣлый рядъ послѣдовательныхъ движеній. Оставаясь вѣрнымъ своей теоріи, онъ предполагалъ, что каждое изъ этихъ движеній было совершенно самостоятельнымъ и стояло внѣ связи съ предыдущими, хотя главное движеніе, опредѣлившее характеръ горной системы, происходило только одинъ разъ. По его мнѣнію, это главное движеніе совершалось быстро и носило характеръ страшной катастрофы. На основаніи своихъ изслѣдованій *Эли де-Бомонъ* пришелъ къ заклю-ченію, что процессы образованія горъ повторялись періодически въ исторіи земли, и предположилъ, что они представляютъ тѣ великіе перевороты или „катаклизмы“, кото-рыя по теоріи Кювье происходили въ концѣ каждаго геологическаго періода и уничто-жали весь животный и растительный міръ. Процессы горообразованія представлялись *Эли де-Бомону* въ слѣдующемъ видѣ: земля, заключающая внутри себя распла-вленное огненно-жидкое ядро, дви-жется въ холодномъ міровомъ простран-ствѣи, какъ всякое

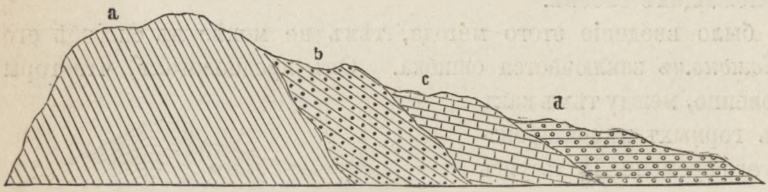


Рис. 251. Схематическій профиль острова Коса: a) древнѣйшія горныя породы; b) міо-ценовые прѣсноводные известняки; c) древнепліоценовыя прѣсноводныя отложенія d) новѣйшія пліоценовыя морскія отложенія.

остывающее тѣло, испытываетъ сокращенія. Размѣры жидкаго ядра уменьшаются; чрезвычайно тонкая земная кора въ виду ея твердости не можетъ слѣдовать за движе-ніемъ внутреннихъ массъ; между нею и ядромъ образуется пустое пространство; на-конецъ, кора разрывается и опять плотно примыкаетъ къ внутреннему огненно-жид-кому ядру. Затѣмъ наступаетъ періодъ покоя, который тянется до тѣхъ поръ, пока вслѣдствіи дальнѣйшаго охлажденія не произойдетъ новаго осѣданія земной коры. При разрывахъ послѣдней края образовавшихся трещинъ испытываютъ сильное бо-ковое давленіе, породы, образующія ихъ, приподнимаются въ видѣ горъ и прорѣзы-ваются трещинами. Страшныя землетрясенія, связанныя съ этимъ процессомъ, уни-чтожаютъ все живое. Эли де-Бомонъ предполагалъ, что всѣ горные хребты, трещины, сбросы и жилы, параллельныя или перпендикулярныя другъ другу, образовались одновре-менно, въ моментъ одного изъ разрывовъ земной коры. Сравнивая трещины и другія нару-шенія, пересѣкающіяся другъ съ другомъ подъ косыми углами, этотъ ученый пришелъ къ выводу, что всѣ они образуютъ правильныя геометрическія фигуры и въ общемъ соот-вѣтствуютъ ребрамъ пентагональнаго додекаэдра. Присоединяя сюда направленія, со-отвѣтствующія ребрамъ кристаллографическихъ формъ родственныхъ пентагональному додекаэдру, и извѣстныя второстепенныя направленія, Эли де-Бомонъ получилъ 100 раз-личныхъ системъ, которыя по его мнѣнію огибаютъ кругомъ землю въ видѣ поясовъ, при-близительно въ 2000 миль шириною. Самъ Эли де-Бомонъ и многіе изъ его учениковъ и послѣдователей затратили немало труда, чтобы доказать, что направленіе всѣхъ горныхъ системъ, трещинъ, сбросовъ, сдвиговъ и т. п. представляютъ „пентагональную сѣть“; такъ какъ требовалось свести всѣ нарушенія къ 100 различнымъ направленіямъ и такъ какъ отклоненія въ 4—5^{0} считались не существенными, то удалось достигнуть цѣли.

Какъ профессоръ и директоръ Парижской горной академіи, *Эли де-Бомонъ* пріобрѣлъ во Франціи много сторонниковъ, а теорія его имѣла здѣсь широкое распространеніе. За предѣлами Франціи только немногіе приняли его ученіе во всѣхъ подробностяхъ, да и во Франціи ряды приверженцевъ Эли де-Бомона мало-по-малу рѣдѣли. Допущеніе тонкой земной коры, которая находилась приблизительно въ такомъ же отношеніи къ огненно-жидкому ядру, какъ скорлупа яйца къ его содержимому, оказалось неправильнымъ; приписывать образованіе горъ мгновенно совершавшемуся процессу представлялось невозможнымъ; наконецъ, допущеніе, будто всѣ параллельныя и перпендикулярныя другъ другу трещины и другія нарушенія образовались одновременно, а пересѣкающіяся подъ острымъ угломъ — въ разное время, было совершенно произвольнымъ. Благодаря громадному числу основныхъ направленій, къ которымъ сводились всѣ горныя системы, а также допущенію отклоненій въ 5^0 и неточностямъ въ опредѣленіи возраста многихъ поднятій, было, конечно, не трудно подвести какую угодно систему подъ общія правила теоріи. Тѣмъ не менѣе были извѣстны примѣры (Пиринеи, Лонгмайндскія горы въ Уэльсѣ), трудно поддававшіеся объясненію съ точки зрѣнія Эли де-Бомона. Изслѣдованіе главныхъ напра-

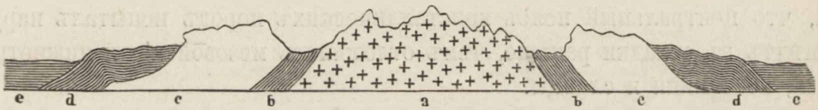


Рис. 252. Схематическій разрѣзъ Альпъ съ точки зрѣнія теоріи поднятія: a) центральный поясъ кристаллическихъ породъ; bb) поясъ сѣрыхъ ваккъ; cc) поясъ известняковъ; dd) поясъ песчаниковъ; ee) равнина.

вленій горъ и опредѣленіе ихъ возраста составляетъ большую заслугу этого ученаго; что же касается всей его теоріи, то она носитъ фантастическій характеръ. Мы можемъ удивляться ея остроумію и послѣдовательности, но не можемъ признать за нею ни малѣйшихъ правъ на существованіе.

Ученіе о мгновенномъ поднятіи горъ потеряло подъ собою всякую почву. Новѣйшая геологія, опираясь на труды *Гоффа, Ляйелля* и *Прево* (Prevost), разсматриваютъ и эти грандіозныя явленія, какъ *послѣдствія постепеннаго сложенія огромнѣйшаго числа мелкихъ незамѣтныхъ дѣйствій.* Внезапный вертикальный ударъ при достаточной напряженности можетъ произвести разрывъ пластовъ и даже обратить ихъ въ обломки, но онъ никогда не образуетъ достаточно обширной правильной системы складокъ, вродѣ тѣхъ, которыя мы наблюдаемъ въ горахъ; послѣднія должны были образоватся постепенно подъ вліяніемъ долговременнаго давленія. Какъ мы видѣли выше, источникъ этого процесса искали прежде въ напорѣ кристаллическихъ породъ, которыя приподнимали вышележащіе пласты и вызывали образованіе складокъ. Если мы изслѣдуемъ разрѣзъ восточной половины Альпъ, проходящій съ сѣвера на югъ, то найдемъ сначала поясъ низкихъ горъ, образованныхъ песчаникомъ; за ними поднимаются болѣе высокія известняковыя горы, еще далѣе видны закругленныя вершины палеозойскихъ породъ, поясъ такъ называемыхъ сѣрыхъ ваккъ; къ югу отъ нихъ мы найдемъ центральныя кристаллическія массы Альпъ, а за ними опять сѣрыя вакки, известняки и песчаники. Однако, такой идеальный профиль Альпъ, представленный на рис. 252, является схематическимъ, и на самомъ дѣлѣ въ строеніи и расположеніи альпійскихъ горныхъ цѣпей мы наблюдаемъ гораздо болѣе сложности. Но въ общихъ чертахъ отмѣченныя выше особенности

строенія Альпъ вполнѣ согласуются съ допущеніемъ, что причиною возникновенія этихъ горъ былъ выступъ кристаллическихъ массъ, которыя приподняли пласты осадочныхъ породъ, разорвали ихъ и образовали складки.

Нельзя не указать, что теоріи, объясняющія образованіе горъ поднятіемъ, ведутъ свое происхожденіе отъ ученія о такъ называемомъ кратерѣ поднятія, а потому, на основаніи приведенныхъ выше доводовъ, мы должны, повидимому, отвергнуть ихъ. Однако, лакколиты показываютъ, что притекающія снизу трахитовыя массы могутъ вызвать куполообразное искривленіе слоистыхъ породъ. Правда, происходящія при этомъ нарушенія въ окололежащихъ пластахъ не имѣютъ ничего общаго съ строеніемъ складчатыхъ горъ, но несомнѣнное существованіе ихъ заставляетъ, повидимому, допустить, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ извергаемыя массы могутъ приподнимать слои осадочныхъ породъ. Но при ближайшемъ знакомствѣ съ особенностями складчатыхъ горъ и главнымъ образомъ Альпъ тотчасъ-же обнаруживается полная несостоятельность этой теоріи. Только незначительная часть кристаллическихъ породъ центральной цѣпи носитъ глубинный характеръ, большинство же ихъ принадлежитъ къ группѣ такъ называемыхъ сланцевъ; но оставляя даже въ сторонѣ этотъ важный доводъ, мы найдемъ и другія еще болѣе вѣскія возраженія: новѣйшія изслѣдованія показали, что центральный поясъ кристаллическихъ породъ испыталъ нарушенія и былъ изогнутъ въ складки раньше, чѣмъ отложились мезозойскіе и нижнетретичные известняки, песчаники и сланцы.

Правда, въ началѣ мезозойской эры выдѣлились нѣкоторыя кристаллическія породы (напр. — у Предаццо), но время ихъ образованія тоже предшествовало появленію складокъ въ мезозойскихъ отложеніяхъ. Въ міоценовую эпоху, когда продолжалось образованіе складокъ въ Альпахъ и Карпатахъ, происходили также большія изверженія, но они сосредоточивались на южной сторонѣ горнаго хребта, гдѣ нѣтъ никакихъ слѣдовъ горизонтальнаго сжатія, которое мы могли бы поставить въ связь съ этими вулканическими процессами.

Приписывать поднятіе пластовъ и образованіе въ нихъ складокъ дѣйствію центральнаго ядра Альпъ можно было только до тѣхъ поръ, пока строеніе этихъ горъ было извѣстно въ самыхъ общихъ чертахъ. Но по мѣрѣ того, какъ все болѣе уяснялись подробности и опредѣлялось время появленія складокъ, тѣмъ очевиднѣе становилась ошибочность этой теоріи. Въ настоящее время она совершенно отвергнута и сдѣлалась достояніемъ исторіи.

То же слѣдуетъ сказать и о другой теоріи, которая приписывала образованіе складокъ увеличенію объема горныхъ породъ вслѣдствіе *химическихъ и физическихъ измѣненій.* Дѣйствительно, такіе процессы на самомъ дѣлѣ существуютъ. Такъ напр., нерѣдко ангидридъ, поглощая воду, превращается въ гипсъ; объемъ его увеличивается и вслѣдствіе возникающаго при этомъ всесторонняго давленія происходитъ образованіе складокъ. Особенное значеніе приписывали процессамъ отвердѣнія горныхъ породъ. Но очень многія породы, какъ напр., большинство известняковъ, уже во время своего отложенія представляли твердыя массы, другія вовсе не претерпѣвали никакихъ измѣненій, которыя были бы связаны съ увеличеніемъ объема, и, наконецъ, третьи, какъ напр., всѣ глины, испытываютъ при высыханіи сокращенія. Такимъ образомъ складки подобнаго происхожденія могли имѣть только мѣстное распространеніе; внѣшній же видъ ихъ долженъ бы былъ рѣзко отличаться отъ громадныхъ складокъ горныхъ цѣпей.

Мы подошли теперь къ вопросу о самой сущности горообразующихъ процессовъ. Прежде чѣмъ перейти къ его выясненію, мы познакомимся съ нѣкоторыми отдѣльными горными системами. Мы начнемъ съ Альпъ, строеніе которыхъ въ большинствѣ случаевъ служило основаніемъ теоріи горообразованія.

Строеніе альпійской системы.

Наружный край альпійской системы представляетъ правильно изогнутую линію, которая простирается отъ Генуэзскаго залива до Вѣны и далѣе образуетъ огромную дугу Карпатовъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ особенно, въ нижней Австріи и въ Моравіи, система прерывается сбросами, но даже и въ этихъ случаяхъ можно прослѣдить слабо изогнутую линію сѣвернаго края. Поразительная простота ея вполнѣ противоположна неправильной формѣ многократно прерывающагося внутренняго края и тому разнообразію строенія, которымъ обладаютъ древнѣйшія образованія, къ сѣверу отъ Альпъ. О послѣднихъ мы будемъ говорить подробнѣе въ одной изъ дальнѣйшихъ главъ, но указать главнѣйшія ихъ особенности необходимо уже теперь, такъ какъ направленіе альпійской системы и ея наружныхъ, самыхъ сѣверныхъ складокъ находится въ извѣстной зависимости отъ строенія странъ, расположенныхъ къ сѣверу. Здѣсь возвышаются древніе массивы, представляющіе остатки прежнихъ, теперь разрушенныхъ горъ; къ нимъ и примыкаютъ новѣйшія складки альпійской системы. Такимъ образомъ центральное плоскогоріе Франціи, гранитный островъ Доля, Вогезы, Шварцвальдъ и мощный Чешскій массивъ отмѣчаютъ ту границу, до которой простирались складки (см. карту на рис. 253). Складки Альпъ сильно сжимаются у южнаго края Чешскаго массива, который переходитъ Дунай приблизительно въ серединѣ между Линцемъ и Вѣной, по линіи, соединяющей Грейнъ съ Мелькомъ, и даетъ далѣе незначительное продолженіе на югъ. Задерживающее вліяніе массива выступаетъ съ поразительною ясностью: оно отражается не только на направленіи нарушеній, которыя опредѣлили строеніе известняковаго пояса Альпъ, но также и на простираніи центральнаго гнейсоваго пояса восточныхъ Альпъ, который, направляясь отъ Роттенманна къ Брукку и Питтену черезъ Леобенъ, дугообразно изгибается и идетъ почти подъ прямымъ угломъ къ прежнему направленію. Нѣсколько къ западу отъ Вѣны, въ окрестностяхъ С. Пёльтена, граница Чешскаго массива дѣлаетъ поворотъ: она идетъ съ юго-юго-запада на сѣверо-сѣверо-востокъ, черезъ города С. Пёльтенъ въ нижней Австріи и Цнаймъ (Зноимъ) въ Моравіи. Это отражается съ поразительною ясностью на направленіи сѣверныхъ Альпъ: центральный поясъ гнейсовъ, равно какъ известковые Альпы и поясъ песчаниковъ, измѣняютъ восточное направленіе на сѣверо-восточное и соединяются съ Карпатами. Послѣдніе опять описываютъ огромную правильную дугу, которая съ юга примыкаетъ къ Судетамъ.

Задерживающее вліяніе Шварцвальда и Вогезъ съ неменьшею очевидностью отражается на альпійскихъ цѣпяхъ и особенно на Юрѣ, которая должна быть разсматриваема, какъ одинъ изъ отроговъ Альпъ. Непосредственно у подножія древняго ядра горъ располагаются плоскіе или слегка наклоненные къ югу массивы, такъ называемая Сбросовая Юра (Tafel-jura): вслѣдствіе тормозящаго вліянія подстилающихъ ихъ кристаллическихъ породъ, складки не могли образоваться; онѣ начинаются значительно далѣе къ югу; на границѣ же между Сбросовой и Складчатой Юрой наблю-

дается даже переметное напластованіе, указывающее на существованіе здѣсь перебросовъ: болѣе древнія тріасовыя отложенія надвигаются съ юга на юрскіе и третичные пласты. Если уже въ этомъ явственно выражается задерживающее вліяніе Шварцвальда, то еще рѣзче выступаетъ оно въ той области, которая располагается непосредственно къ югу отъ Рейнской долины, представляющей сбросовую впадину (см. карту на рис. 254). По выраженію Штейнманна, складчатыя цѣпи направляются здѣсь къ сѣверу точно черезъ широкія ворота, — очевидно потому, что съ этой стороны онѣ встрѣтили меньше сопротивленія.

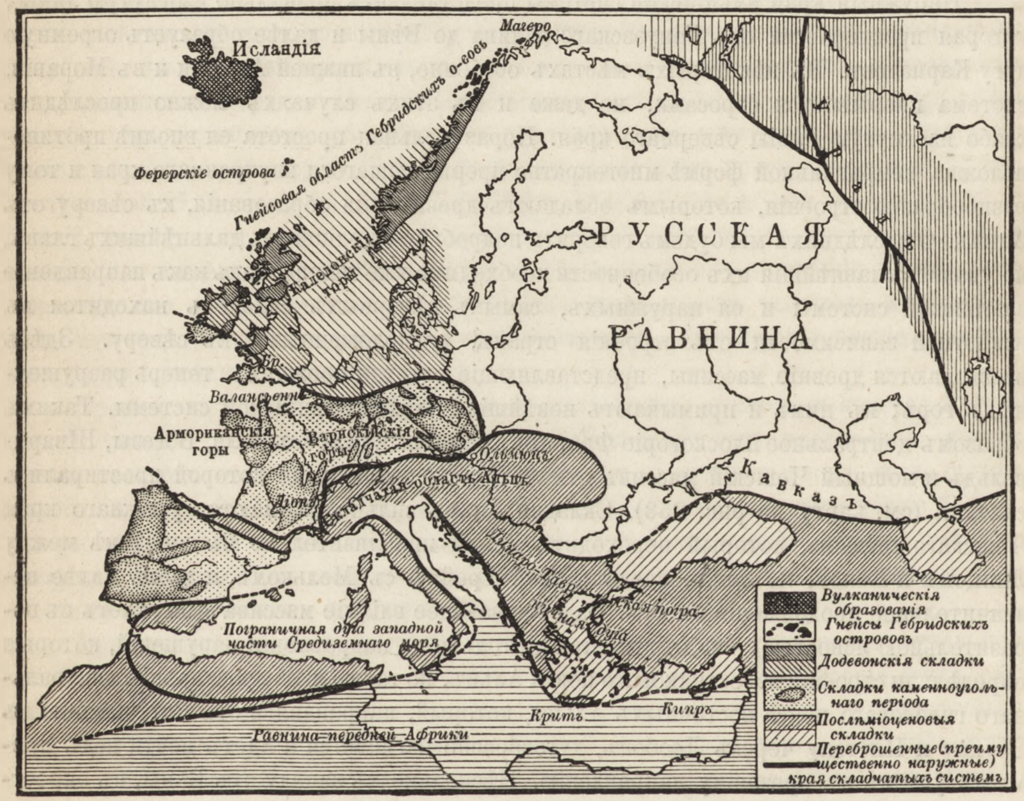


Рис. 253. Тектоническая карта европейскихъ горныхъ хребтовъ. (По Зюссу.)

Если мы обратимся къ болѣе подробному разсмотрѣнію наружныхъ складокъ сѣвернаго края Альпъ, то найдемъ, что на всемъ протяженіи отъ Шамбери и Женевы до нижней Австріи и далѣе, въ Моравіи, Силезіи, Галиціи и Буковинѣ, вплоть до Румыніи складки образованы міоценовыми глинами, песчаниками и конгломератами. Геологическое строеніе этихъ складокъ впервые было опредѣлено правильно въ Швейцаріи: оказалось, что третичныя отложенія, извѣстныя подъ именемъ „молассовъ", образуютъ вдоль всего сѣвернаго края Швейцарскихъ Альпъ двѣ мощныхъ складки, сѣверную и южную молассовыя антиклинали. Первая является нормальною складкой, вторая сопровождается перебросомъ: вслѣдствіе этого болѣе поздніе пласты молассовъ располагаются подъ болѣе древними отложеніями Альпъ. Такое именно строеніе ясно выступаетъ въ огромныхъ горахъ Риги (1800 м.) и Шпееръ (1956 м.), которыя принадлежатъ южной антиклинали. Подобныя же особенности мы видимъ въ угленосныхъ

пластахъ молассовъ на сѣверномъ краю баварскихъ Альпъ, а также на крайнемъ востокѣ, въ сѣверной части Карпатовъ: въ соляныхъ копяхъ Велички и Бохніи, въ восточной Галиціи, — въ ея мощныхъ соленосныхъ отложеніяхъ міоценоваго возраста, въ Буковинѣ и въ Молдавіи.

Миновавъ поясъ молассовъ и направляясь далѣе вглубь горной системы, мы встрѣчаемъ поясъ песчаниковъ или флиша (Flyschzone). Въ Альпахъ онъ выступаетъ въ видѣ узкой полосы, въ Карпатахъ же расширяется и достигаетъ нѣсколькихъ миль въ поперечникѣ. И тутъ, и тамъ онъ состоитъ изъ мощныхъ однообразныхъ по составу сланцевъ и песчаниковъ эоценоваго и верхнемѣловаго возраста. Этотъ поясъ тянется также непрерывно отъ Швейцаріи до самыхъ Карпатъ.

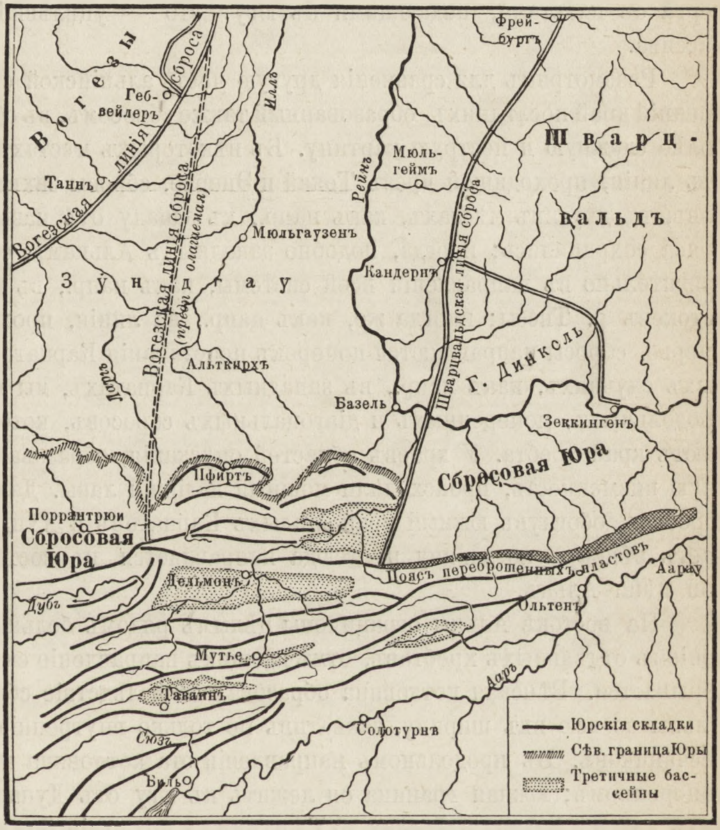


Рис. 254. Тектоническая карта Юрскихъ цѣпей къ югу отъ долины рѣки Рейна (рейнской впадины). (По Штейнманну.)

Гораздо сложнѣе картина, раскрывающаяся передъ нами въ средней части Альпъ, въ такъ называемомъ поясѣ известняковъ и въ центральномъ поясѣ кристаллическихъ породъ. Какъ можно видѣть изъ рисунковъ 245 и 247, складки достигаютъ здѣсь наибольшаго развитія, но въ противоположность двумъ вышеназваннымъ поясамъ, онѣ не представляютъ системы, непрерывно простирающейся съ запада на востокъ. Выдвигаясь на извѣстномъ протяженіи, онѣ далѣе исчезаютъ и уступаютъ мѣсто другимъ системамъ складокъ. Такимъ образомъ въ восточныхъ Альпахъ мы не находимъ непосредственнаго продолженія кристаллическаго пояса западныхъ Альпъ. Отдѣльныя системы складокъ являются другъ отъ друга независимыми, и простираніе ихъ не всегда совпадаетъ съ общимъ направленіемъ хребта. Кромѣ того, въ формахъ внутреннихъ и наружныхъ цѣпей мы находимъ значительное различіе, которое стоитъ въ связи съ повторнымъ образованіемъ складокъ. Но прежде чѣмъ обратиться къ болѣе подробному выясненію этого различія, остановимъ наше вниманіе на внутреннемъ краѣ альпійской системы.

Въ западныхъ Альпахъ кристаллическія породы центральнаго пояса Монте-Розы

образуютъ крутые обрывы, непосредственно спускающіеся къ Пьемонтской равнинѣ. Южная граница Альпъ, отмѣченная здѣсь чрезвычайно рѣзко, не представляетъ складокъ, какъ на сѣверномъ краю: это — огромный сбросъ, подъ острымъ угломъ пересѣкающій направленіе хребта. Такимъ образомъ западныя Альпы, какъ и большинство складчатыхъ горъ, обладаютъ однобокимъ строеніемъ. Какъ показалъ уже *Штудеръ*, Пьемонтъ и Ломбардія представляютъ обширную область опусканія (котловину), среди которой у Турина выступаетъ одинокая группа холмовъ Суперга съ пластами, падающими къ югу: это — уцѣлѣвшій остатокъ сброшеннаго массива.

Разсмотримъ для сравненія другую часть альпійской системы — Карпаты. Внутренній край послѣднихъ, образованный также сбросомъ, въ общемъ представляетъ еще болѣе сложную и пеструю картину. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, какъ напр., къ востоку отъ линіи, проходящей чрезъ Токай и Эперье, сбросы захватываютъ поясъ песчаниковъ, въ другихъ мѣстахъ, какъ напр., къ западу отъ названной линіи, внутренніе пояса сохранились; иногда, подобно западнымъ Альпамъ, сбросъ простирается приблизительно въ направленіи всей системы, какъ напр., въ восточныхъ Карпатахъ у истоковъ р. Тиссы; иногда же, какъ напр., на линіи, проходящей черезъ Токай и Эперье, сбросы направляются поперекъ простиранія Карпатовъ; наконецъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ напр., въ западныхъ Карпатахъ, мы находимъ цѣлыя системы продольныхъ, поперечныхъ и діагональныхъ сбросовъ, которые прихотливо изрѣзываютъ край хребта. У краевъ областей опусканія, образовавшихъ обширную Венгерскую низменность, происходили мощныя изліянія лавы. Далѣе система Карпатскихъ сбросовъ, обогнувъ южный край Малыхъ Карпатовъ и Хундсхеймскихъ горъ, встрѣчаетъ вѣнскую котловину и отсюда направляется къ восточнымъ границамъ главной цѣпи Альпъ.

На востокѣ Альпы ограничены цѣлымъ рядомъ большихъ сбросовъ: за исключеніемъ отдѣльныхъ хребтовъ, отмѣчающихъ направленіе складокъ, здѣсь цѣпь рѣзко обрывается. Вѣнская котловина образовалась вслѣдствіе сброса, который прорѣзалъ Альпы во всю ихъ ширину, захвативъ не только внутренніе пояса, но также и зону песчаниковъ. Въ продольномъ направленіи эта котловина нѣсколько шире, чѣмъ въ поперечномъ; южная граница ея лежитъ къ югу отъ Дуная и идетъ по линіи горячихъ ключей Бадена и Фёслау до Глоггница у подножія Земмеринга. На юго-востокѣ вѣнская котловина ограничивается продолженіемъ кристаллическаго пояса Альпъ, который кончается горами св. Розаліи, у Вѣнскаго Нейштадта. Далѣе къ югу восточный край Альпъ представляетъ двѣ большихъ дугообразныхъ вырѣзки или бухты, которыя также образовались вслѣдствіе котлообразныхъ сбросовъ. Одна изъ нихъ ограничена на сѣверѣ Лейтскими горами (Leithagebirge), на западѣ — Ландзейскими горами и на югѣ — возвышенностями Гюнса, другая простирается отъ Гюнса до Граца и идетъ далѣе на югъ до Погорья (Bacher-Gebirge) у Марбурга на Дравѣ. Подобно тому, какъ это мы видѣли на южномъ краю Карпатовъ, и здѣсь происходили изліянія лавы вдоль трещинъ: отчасти у самаго обрыва, отчасти въ серединѣ области опусканія выступаютъ базальтовыя и трахитовыя породы. Отъ Погорья до вѣнской котловины и далѣе до Карпатскихъ горъ, у краевъ сбросовъ располагаются богатыя органическими остатками породы; всѣ онѣ относятся къ одному и тому же ярусу верхне-третичныхъ образованій и располагаются въ видѣ горизонтальныхъ пластовъ. Существованіе этихъ отложеній позволяетъ судить о послѣдовательности происходившихъ здѣсь большихъ сбросовъ.

Котлообразныя впадины на внутреннемъ краю складчатыхъ горъ, подобныя тѣмъ, которыя мы нашли въ западныхъ Альпахъ у восточнаго края главнаго хребта и въ Карпатахъ, наблюдаются также на внутреннемъ краю восточныхъ Альпъ и еще въ болѣе поразительной формѣ въ *Аппенинскихъ горахъ.* Генуэзскій и Неаполитанскій заливы, заливы Поликастро, Сантъ-Эйфемія и Джьока обладаютъ ясно выраженной формой котловины; въ Тосканѣ осѣданія происходили вдоль простиранія горъ; они могутъ быть прослѣжены до пояса флиша въ Аппенинскихъ горахъ. Среди осѣвшихъ массивовъ выдвигаются только одинокіе сбросовые выступы, часто вдающіеся въ море. На западномъ берегу Италіи мы находимъ цѣлый рядъ сбросовъ; по линіямъ послѣднихъ, а также и въ серединѣ котловинныхъ впадинъ неоднократно происходили изліянія вулканическихъ породъ на земную поверхность. Адріатическая впадина, впослѣдствіи еще болѣе увеличившаяся (см. ниже), представляетъ внутренній обрывъ Динарскихъ Альпъ.

Выше было указано, что наружныя цѣпи во многихъ мѣстахъ альпійской системы измѣняютъ свое направленіе въ зависимости отъ строенія сосѣднихъ странъ; нетрудно убѣдиться, что и вся альпійская система представляетъ изогнутую линію, (см. карту на рис. 253). Одна вѣтвь альпійскихъ складокъ начинается у Генуи и образуетъ Аппенинскія горы, которыя идутъ въ юго-восточномъ направленіи черезъ весь итальянскій полуостровъ. На концѣ полуострова онѣ дугообразно изгибаются по направленію къ западу и образуютъ цѣпь, остатки которой мы находимъ въ Калабріи и въ Сициліи. Дальнѣйшимъ продолженіемъ ея служатъ Атласскія горы въ сѣверо-западной части Африки; послѣднія на концѣ загибаются къ сѣверу, переходятъ Гибралтарскій проливъ и, сдѣлавъ новый поворотъ на востоко-сѣверо-востокъ, образуютъ Батскіе Кордильеры и хребетъ Сіерра-Невада въ южной Испаніи. Всю эту огромную систему складокъ *Зюссъ* называетъ „дугою западной части Средиземнаго моря“ („Bogen des westlichen Mittelmeeres“); продолженіемъ ея, вѣроятно, служатъ Балеарскіе острова, отдѣленные сбросомъ, который привелъ къ образованію впадины, занятой нынѣ водами Средиземнаго моря. Альпы начинаются у Генуи тамъ, гдѣ съ ними встрѣчается цѣпь Провансальскихъ горъ. Здѣсь они образуютъ дугу, направленную выпуклостью на западъ, затѣмъ постепенно поворачиваютъ на востокъ и, наконецъ, у южнаго края чешскаго массива сливаются съ Карпатами. Послѣдніе идутъ по направленію къ юго-востоку, въ юго-восточной части Седмиградія поворачиваютъ на западъ и, наконецъ, въ Банатѣ, въ знаменитыхъ тѣснинахъ Дуная, такъ называемыхъ Желѣзныхъ воротахъ, снова изгибаются: перейдя черезъ Дунай въ Сербію и повернувъ на востокъ, они образуютъ Балканскія горы. Достигнувъ края Черноморской впадины, они прерываются и снова выступаютъ въ Крыму и на Кавказѣ.

Слѣдуетъ указать еще на одну особенность въ распредѣленіи альпійскихъ складокъ, наблюдаемую въ восточныхъ Альпахъ: здѣсь мы находимъ отроги, расходящіеся въ видѣ пучковъ. Какъ слѣдуетъ изъ предыдущаго, восточные Альпы не представляютъ полнаго обрыва: цѣлый рядъ отдѣльныхъ горъ, сохранившихся при сбросахъ, соединяетъ ихъ съ Карпатами. Сюда относятся скалы Эрнстбрунна, Штата и Никольсбурга. состоящія изъ юрскихъ пластовъ, Лейтскія, Гайнбургскія горы и горы Св. Розаліи; точно также южныя известняковыя Альпы даютъ самостоятельную вѣтвь, которая вступаетъ въ низменность и образуетъ Центральныя Венгерскія горы (Ungarische Mittelgebirge), Связь между этимъ хребтомъ и южными известняковыми Альпами довольно тѣсная. Венгерскія горы идутъ къ сѣверо-востоку вдоль сѣверо-западнаго берега Платтен-

скаго озера (оз. Балатонъ) и продолжаются до Офена и Грана на Дунаѣ; онѣ неоднократно прерываются равнинными образованіями и базальтовыми породами, которыя мѣстами совершенно покрываютъ ихъ. Баконскій лѣсъ, Вертешскія, Гранскія и Офенскія горы представляютъ остатки односторонняго складчатаго кряжа. Можно прослѣдить и другую вѣтвь, которая выступаетъ съ несомнѣнною очевидностью, хотя и не на такомъ большомъ протяженіи: она примыкаетъ къ горамъ, располагающимся къ югу отъ Цилли (Цѣль), и въ видѣ длиннаго хребта тріасовыхъ породъ тянется къ востоку до Вараждина въ Хорватіи, образуя горы Иванчица.

Наконецъ, третья вѣтвь, которую *Зюссъ* назвалъ „динаро-таврскою дугою", направляется къ юго-востоку и превосходитъ своими размѣрами обѣ вышеназванныя вѣтви и даже Карпаты; у Любляны (Лайбаха) въ Крайнѣ самые южные пояса Альпъ дѣлаютъ поворотъ и, продолжаясь далѣе, образуютъ складчатыя горы австрійскаго побережья — Динарскія Альпы и горы западной Босніи и Далмаціи; далѣе они направляются на югъ, идутъ черезъ всю Алабанію, образуютъ горы Пиндъ между Өессаліей и Эпиромъ и Этолійскія Альпы въ Греціи, продолжаются далѣе въ Пелопонессѣ и обрываются у берега Средиземнаго моря на мысѣ Матапанѣ, который составляетъ крайнюю оконечность Греціи. Отклонившись на востокъ, эта дуга продолжается на островахъ Критѣ и Кипрѣ и, наконецъ, образуетъ Таврскія горы. Вѣерообразное расположеніе альпійской системы влечетъ за собою другую особенность: сброшенныя части одного хребта служатъ внѣшнимъ краемъ другого, сосѣдняго съ нимъ хребта.

Мы познакомились въ общихъ чертахъ съ важнѣйшими особенностями альпійской системы и отмѣтили противоположность между прихотливыми формами внѣшняго края и однообразіемъ внутренняго; послѣдній, какъ мы видѣли, во многихъ мѣстахъ сопровождается складчатыми перебросами, направленными кнаружи; на внутренней сторонѣ складчатыхъ цѣпей мы нашли многочисленные сбросы, сопровождавшіеся образованіемъ котловинъ и иногда изліяніями лавы вдоль трещинъ. Мы видѣли, что вслѣдствіе этой рѣзкой противоположности между складчатымъ внѣшнимъ краемъ и крутыми обрывами внутренняго края, Альпы пріобрѣтаютъ такъ называемое однобокое строеніе. Наконецъ, мы отмѣтили главныя направленія системы и отдѣляющихся отъ нея вѣтвей. Перейдемъ теперь къ выясненію исторіи ея развитія.

Альпійская система съ полнымъ основаніемъ считается однимъ изъ недавнихъ геологическихъ образованій. Складки наружнаго края позволяютъ съ достаточною точностью опредѣлить, что образованіе горъ продолжалось еще въ міоценовую эпоху. Прежде обыкновенно говорили, что Альпы образовались въ третичный періодъ. Но такое обобщеніе неправильно: главныя складки Альпъ слагались, конечно, въ міоценовую эпоху, но этого нельзя сказать о всей системѣ.

Уже данно было обращено вниманіе, что въ восточныхъ Альпахъ верхнемѣловые *) пласты, покоящіеся на различныхъ породахъ болѣе древняго возраста, представляютъ рѣзкій примѣръ несогласнаго напластованія. Подобныя же явленія были отмѣчены потомъ на всемъ протяженіи Альпъ и Карпатовъ. На ряду съ нѣкоторыми

*) Мѣловая система дѣлится на пять ярусовъ, которые мы перечислимъ здѣсь въ томъ порядкѣ, какъ они идутъ по направленію сверху внизъ: а) *Сенонскій ярусъ* или Сенонъ (по имени галльскаго народа Сеноновъ); б) *Туронскій ярусъ* (по имени Турэни во Франціи); в) *Сеноманскій ярусъ* (по имени города Ле-Манъ или Cenomanum); г) *Гольтскій ярусъ* или гольтъ, (англійское мѣстное названіе); д) *Неокомскій ярусъ* (Neocomum—латинское названіе Невшателя). Первые три яруса образуютъ верхній отдѣлъ мѣловой системы.

другими фактами они заставляли предполагать, что Альпы представляли систему складокъ уже въ то время, когда область, занимаемая ими, была занята верхне-мѣловымъ моремъ. Такъ какъ верхне-мѣловые пласты въ свою очередъ представляютъ складки, то надо думать, что послѣ ихъ отложенія наступилъ второй періодъ горизонтальнаго сжатія. Въ это время образовались самыя новыя складки внутреннихъ поясовъ системы. Въ общемъ картина представляется въ слѣдующемъ видѣ.

Начиная съ верхне-мѣловой эпохи, море мало-по-малу заливаетъ область альпійской системы. Въ эоценовую и олигоценовую эпохи оно достигаетъ областей, которыя повидимому были прежде сушею. Въ это же время у наружнаго края горъ образовался обширный поясъ песчаниковъ и сланцевъ, т. е. упомянутый выше поясъ флиша (Flyschzone). Въ настоящее время этотъ поясъ представляетъ систему складокъ; одновременныя ему отложенія внутри хребта образуютъ горизонтально расположенные пласты: они не обнаруживаютъ даже слѣдовъ складчатости, хотя и прорѣзываются сбросами. Подобныя особенности были подмѣчены не только въ западныхъ и восточныхъ Альпахъ, но также въ Гималайскомъ хребтѣ и съ особенною очевидностью въ Карпатахъ. Отсюда и можно быдо сдѣлать выводъ, что по истеченіи третичнаго періода внутренніе пояса альпійской системы не испытывали сколько нибудь замѣтнаго сжатія. Другими словами эоценовое море нашло внутреннія цѣпи въ ихъ современномъ состояніи, конечно, если не считать тѣхъ измѣненій, которыя, произошли потомъ вслѣдствіе размыванія и вывѣтриванія, а также вслѣдствіе отдѣльныхъ сбросовъ и осѣданій. Наоборотъ, у наружнаго края системы обособился слѣдующій поясъ складокъ, такъ называемый поясъ песчаниковъ или флиша.

Какъ ни точно установлено это положеніе, но тѣмъ не менѣе отъ широкихъ обобщеній мы должны воздержаться. Въ области Эмбруна, въ центральномъ поясѣ Монблана, существуетъ котлообразная впадина, въ которой эоценовыя отложенія образуютъ горизонтальные пласты и такимъ образомъ указываютъ, что центральный массивъ Дофинэ не былъ захваченъ складками, образовавшимися въ послѣэоценовое время. Наоборотъ, въ восточномъ продолженіи цѣпи Монблана, въ Бернскомъ нагорьѣ, мы находимъ въ эоценовыхъ отложеніяхъ слѣды сильнаго горизонтальнаго сжатія. Отсюда необходимо допустить, что движенія, вызвавшія складки, не во всѣхъ мѣстахъ захватывали систему одинаково.

Въ міоценовый періодъ море также залило альпійскія цѣпи. Изслѣдованія, произведенныя въ Швейцаріи, показали, что въ этихъ цѣпяхъ уже въ міоценовую эпоху существовали поперечныя долины. Такъ напр., неоднократно упоминавшіеся выше прослои конгломератовъ въ моласcовыхъ отложеніяхъ располагаются у устьевъ такихъ долинъ. Такая же связь между устьями современныхъ долинъ и нахожденіемъ конгломератовъ въ новѣйшихъ третичныхъ отложеніяхъ наблюдалась и въ Гималайскомъ хребтѣ. Новѣйшія третичныя складки, подобно складкамъ эоценовой эпохи, также неодинаково захватили уже раньше сложившіяся горы; кромѣ того и процессъ ихъ образованія не вездѣ былъ одинаково продолжителенъ. Такъ напр., у наружнаго края провансальскихъ цѣпей наблюдается складчатость въ тѣхъ верхне-міоценовыхъ пластахъ, которые у края горъ Дофинэ располагаются горизонтально. Въ Аппенинахъ и горахъ Греціи движенія, образовавшія складки, могутъ быть прослѣжены вплотъ до пліоценовой эпохи; точно также въ наружныхъ цѣпяхъ Гималайскихъ горъ, въ Андахъ Южной Америки и въ большихъ цѣпяхъ Сѣверной Америки нарушенія напластованія происходили въ концѣ третичнаго періода.

Кромѣ этихъ геологически-недавнихъ складокъ, въ Альпахъ были отмѣчены слѣды болѣе ранняго горизонтальнаго сжатія, которое происходило приблизительно въ концѣ каменноугольнаго періода и предшествовало образованію пермскихъ отложеній. Существованіе этихъ складокъ открылъ *Лори*: онъ обратилъ вниманіе на лейясовыя образованія, которыя располагаются въ видѣ горизонтальныхъ пластовъ на размытыхъ складкахъ центральныхъ массъ пояса Монблана. Сюда же относятся знаменитые остатки размытыхъ горизонтальныхъ пластовъ юрскаго известняка, на одной изъ вершинъ Эгиль Ружъ (2966 м.; см. рис. 255). Подобныя явленія наблюдались послѣ

Рис. 255. Вершина Эгиль Ружъ (Aiguilles Rouges). (По А. Фавру.)

этого во многихъ мѣстахъ Альпъ, и очертанія *древнихъ складчатыхъ горъ* все яснѣе и полнѣе выступали изъ подъ пермскихъ песчаниковъ и конгломератовъ и мезозойскихъ породъ, которыя являются остаткомъ обширнаго покрова, распространявшагося на всю область Альпъ и прикрывавшаго кристаллическія массы этой системы. Въ этихъ древнѣйшихъ движеніяхъ земной коры, на ряду съ кристаллическими породами и древне-палеозойскими образованіями, которыя мѣстами впрочемъ отсутствуютъ, принимали также участіе верхне-каменноугольныя отложенія, богатыя растительными остатками. Пермскія образованія не были захвачены складками, а потому возрастъ послѣднихъ можетъ быть опредѣленъ очень точно.

Такимъ образомъ начало образованія альпійской системы относится къ очень давней геологической эпохѣ. Поясъ возвышенностей, сложившійся до наступленія пермскаго періода, опредѣлилъ направленіе позднѣйшихъ складокъ, которыя примыкали къ существовавшимъ раньше цѣпямъ и передвигались по направленію кнаружи. Складки, образовавшіяся въ ту или другую эпоху, подвергались новымъ нарушеніямъ (сбросамъ) въ слѣдующіе періоды: вслѣдствіе этого поясъ древнѣйшихъ складокъ не предста-

вляется равномѣрно развитымъ на протяженіи всей системы. Мѣстами онъ прерывается обширными областями опусканія и даже представляетъ одинокіе выступы (Horst), какъ это и можно видѣть на примѣрѣ кристаллическихъ центральныхъ массъ западной Швейцаріи и на ядрѣ Карпатской цѣпи. Внѣшнія цѣпи, — поясъ песчаниковъ и верхне-третичныя молласовыя отложенія образовали общую дугу около внутреннихъ цѣпей, болѣе сложныхъ по своему строенію и неоднократно прерываемыхъ сбросами. Но и эти новѣйшія складки раздѣлили судьбу своихъ предшественниковъ: такъ напр., въ области Зальцбурга поясь песчаниковъ прерывается сбросами, а около Вѣны онъ осѣдаетъ на всемъ протяженіи до наружнаго края. Всего болѣе развиты сбросы на внутреннемъ краю альпійской системы.

Прежде чѣмъ закончить наше знакомство съ альпійской системой, мы должны еще остановиться на двухъ замѣчательныхъ особенностяхъ альпійскихъ осадочныхъ породъ: мы говоримъ объ относительной полнотѣ напластованія и огромной мощности большинства альпійскихъ пластовъ. Какъ мы видѣли выше, въ ряду альпійскихъ осадочныхъ образованій существуютъ нѣкоторые пробѣлы. Такъ напр., древнѣйшія палеозойскія образованія во многихъ мѣстахъ отсутствуютъ совсѣмъ, а въ нѣкоторыхъ отчасти, — и только начиная съ пермскаго періода мы находимъ полный рядъ послѣдовательныхъ отложеній. Несравненно больше пробѣловъ въ напластованіи осадковъ наблюдается въ большинствѣ такъ называемыхъ внѣальпійскихъ областей. Огромная мощность альпійскихъ осадковъ наиболѣе рѣзко выражается въ отложеніяхъ тріасоваго періода. Такъ напр., въ восточныхъ Альпахъ одно изъ отложеній этой системы, такъ называемый кровельный известнякъ, обладаетъ мощностью больше чѣмъ въ 1000 м. При этомъ и верхніе и нижніе пласты его обладаютъ одними и тѣми же свойствами. Находимыя въ кровельныхъ известнякахъ окаменѣлости заставляютъ признать эту породу мелководнымъ отложеніемъ. То же самое слѣдуетъ сказать о мощныхъ песчаникахъ и сланцахъ нижне-третичнаго возраста. Всѣ эти факты заставляютъ допустить, что ростъ альпійскихъ отложеній сопровождался сильнымъ осѣданіемъ дна. Въ другихъ складчатыхъ горахъ, какъ напр., въ Гималаяхъ и въ Аппалахскихъ горахъ, мы также находимъ чрезвычайно мощныя складки. Наоборотъ, въ Карпатахъ и въ нѣкоторыхъ частяхъ западныхъ Альпъ мощность отложеній немного больше, чѣмъ въ сосѣднихъ странахъ. Такимъ образомъ даже въ предѣлахъ альпійской системы мы находимъ исключенія изъ общаго правила, которое нельзя считать закономъ уже потому, что въ нѣкоторыхъ низменностяхъ, не обнаруживающихъ складчатости, пласты достигаютъ такой же мощности, какъ и въ складчатыхъ горахъ.

Страны, прилегающія къ Альпамъ.

Въ предыдущей главѣ мы уже упоминали, что складки альпійской системы находятся въ извѣстномъ соотношеніи съ древнѣйшими массивами, лежащими къ сѣверу отъ Альпъ. Познакомимся теперь подробнѣе съ странами, прилегающими къ Альпамъ. Какъ было указано, центральное плоскогоріе Франціи, незначительныя возвышенности у Доля, Вогезы, Шварцвальдъ, Чешскій массивъ и Судетскія горы представляютъ совершенную противоположность Альпамъ и Карпатамъ. Сюда же слѣдуетъ отнести Гарцъ, Тюрингскій лѣсъ, Рейнскія сланцевыя горы, Шпессаръ, Оденвальдъ, горныя страны Нормандіи и Бретань, а также южныя части Ирландіи и Англіи.

Главная особенность, отличающая эти горы отъ Альпъ, бросается въ глаза уже при первомъ знакомствѣ съ ними: она заключается въ недостаткѣ ясно выраженнаго линейнаго расположенія, въ отсутствія огромныхъ утесистыхъ вершинъ и зубчатыхъ гребней, которые въ Альпахъ поражаютъ путешественника прихотливостью своихъ очертаній. Эти плоскія возвышенности скорѣе напоминаютъ холмы. Онѣ занимаютъ иногда большія, иногда незначительныя пространства, но во всѣхъ случаяхъ ихъ наружныя границы обладаютъ въ большей или меньшей степени неправильною формой.

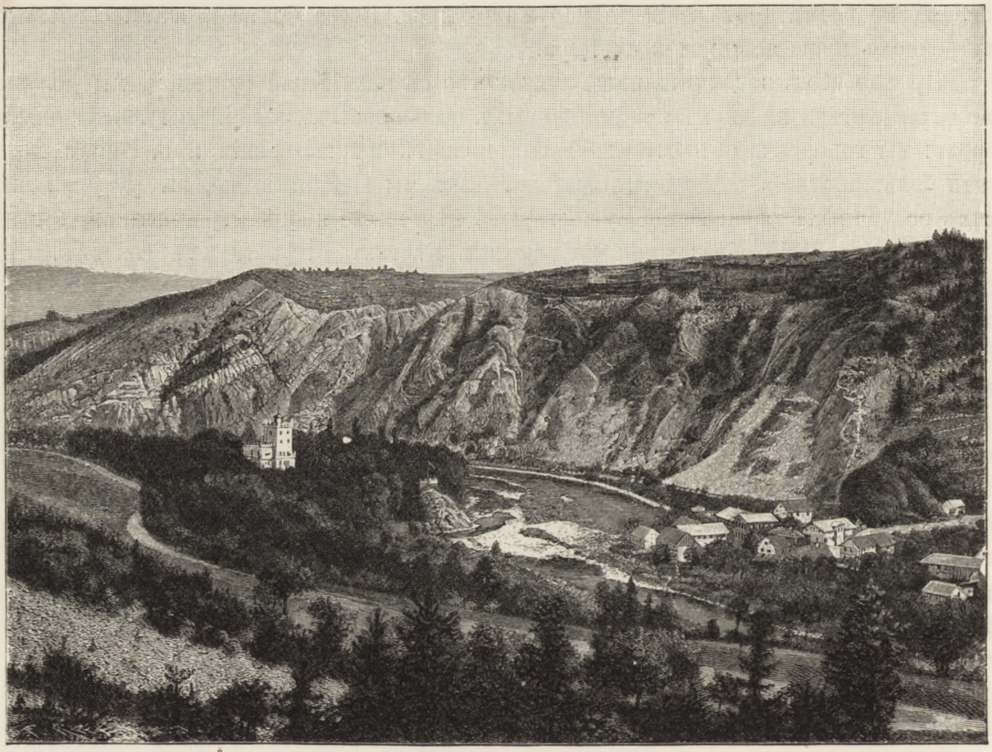


Рис. 256. Горизонтальные пласты цехштейна, залегающіе на складкахъ девонскихъ породъ, въ долинѣ р. Саалы у Оберница въ Тюрингіи.

Другая особенность, бросающаяся въ глаза при взглядѣ на геологическую карту мѣстности, заключается въ составѣ разсматриваемыхъ горъ. Въ строеніи ихъ почти исключительно принимаютъ участіе палеозойскія отложенія и архейскія кристаллическія породы. Новѣйшіе мезозойскіе пласты, за исключеніемъ верхне-мѣловыхъ, мы находимъ только у наружныхъ краевъ этихъ массивныхъ горъ. На вершинахъ они отсутствуютъ совсѣмъ и залегаютъ между древними ядрами преимущественно въ плоскихъ равнинахъ. Не найдемъ мы здѣсь также и морскихъ отложеній третичнаго періода; наоборотъ, рѣчныя и вообще прѣсноводныя отложенія, иногда съ довольно мощными слоями каменнаго угля, а также рыхлыя вулканическія породы третичнаго возраста принимаютъ значительное участіе въ строеніи этихъ горъ. Всѣ перечисленныя особенности и отличаютъ названныя возвышенности отъ Альпъ.

Но, познакомившись ближе съ геологическимъ строеніемъ разсматриваемой мѣстности, мы увидимъ, что она не въ такой степени противоположна Альпамъ, какъ

это думали прежде. Въ кристаллическихъ сланцахъ и въ древне-палеозойскихъ пластахъ ея мы найдемъ тѣ же складки и перебросы, а также продольные и поперечные сбросы, какіе мы видѣли въ Альпахъ: внутреннее строеніе этой мѣстности одинаково съ строеніемъ складчатыхъ горъ болѣе поздняго возраста; различіе выражается только въ отсутствіи линейнаго расположенія и высокихъ вершинъ.

Для уясненія сказаннаго обратимся къ рис. 256, представляющему обнаженіе въ долинѣ рѣки Саалы у Оберница. Внизу ясно видны складки; надъ ними располагаются горизонтальные пласты. Первыя образованы девонскими породами, вторые— пермскими отложеніями и главнымъ образомъ такъ называемымъ цехштейномъ, который образуетъ верхній ярусъ этой системы. Особенности этого прекраснаго обнаженія позволяютъ сдѣлать очень важные выводы. Очевидно, складки образовались раньше отложенія пермскихъ породъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ послѣднія не моглибы сохранить своего горизонтальнаго положенія. Такимъ образомъ мы получаемъ здѣсь возможность опредѣлить геологическій возрастъ складокъ и находимъ слѣды горообразованія въ періоды, предшествовавшіе пермскому. Въ послѣдующее время складчатыя горы были смыты: текущая вода сравняла ихъ прежде, чѣмъ успѣли отложиться пермскія породы; послѣднія лежатъ на головахъ почти сглаженныхъ древнихъ образованій.

Если мы обратимся къ какимъ-нибудь другимъ массивнымъ горамъ средней Европы, то встрѣтимъ такія же особенности: всюду древне-палеозойскіе пласты силурійскаго и девонскаго возраста и кристаллическіе сланцы образуютъ ясно-выраженныя, но и сильно размытыя водою складки; далѣе мы найдемъ указанія и на то, что массивныя горы нѣсколько разъ подвергались дѣйствію разрушающихъ процессовъ. Складки ихъ уступаютъ по величинѣ и распространенію альпійскимъ; тоже слѣдуетъ сказать и о перебросахъ. Этотъ недостатокъ высокихъ вершинъ мы и должны приписать продолжительному размыванію. Съ достаточнымъ основаніемъ можно предположить, что въ то время, когда эти разрушительные процессы не начали еще своего дѣйствія, возвышались огромныя горы „допермскія Альпы", въ томъ мѣстѣ, гдѣ теперь едва выдвигаются среди окрестной равнины незначительные, одѣтые лѣсомъ, холмы съ пологими склонами.

Въ настоящее время съ достаточною полнотою выяснена и причина неправильныхъ очертаній массивныхъ горъ. Эта неправильность рѣзко выступаетъ въ любой области. Такъ напр., Гарцъ своими очертаніями напоминаетъ эллипсъ, большая ось котораго направлена къ сѣверо-сѣверо-западу. Складки, его образующія, идутъ къ сѣверо-сѣверо-востоку, т. е. не соотвѣтствуютъ простиранію горныхъ массъ. Географъ, руководясь только внѣшними формами, будетъ разсматривать Гарцъ, какъ самостоятельный горный хребетъ, геологъ же посмотритъ иначе: въ рейнскихъ возвышенностяхъ, гдѣ складки идутъ въ тѣхъ же направленіяхъ, онъ найдетъ продолженіе этой цѣпи. И если въ настоящее время тѣ и другія горы отдѣлены другъ отъ друга, то это произошло вслѣдствіе сброса соединявшаго ихъ звена. То же найдемъ мы въ Вогезахъ и въ Шварцвальдѣ; складки и здѣсь идутъ къ сѣверо-сѣверовостоку, косо пересѣкаютъ направленіе горъ и продолжаются съ одной стороны въ центральномъ плоскогоріи Франціи, съ другой стороны — въ Сосновыхъ горахъ (Фихтельгебиргe); и здѣсь соединительныя звенья цѣпи были сброшены: непрерывный рядъ складокъ раздробился; между сброшенными частями возвышаются только одинокіе выступы прежнихъ складокъ, или сохранившіе свое первоначальное положеніе.

или осѣвшіе менѣе сосѣднихъ частей; отсюда эти горы можно было бы назвать „обоюдо-сбросовыми“ горами (Horstgebirge или Rumpfgebirge).

Въ значительномъ большинствѣ подобныхъ горъ складки простираются въ сѣверо-восточномъ направленіи, не взирая на разнообразіе тѣхъ внѣшнихъ очертаній, которыя обусловливаются сбросомъ; въ этомъ же направленіи идутъ складки въ Тюрингскомъ лѣсѣ и въ Саксонскихъ Рудныхъ горахъ. Въ сѣверо-восточномъ концѣ послѣднихъ направленіе пластовъ измѣняется; они поворачиваютъ на востокъ; въ Лужицкихъ и Исполиновыхъ горахъ складки направлены къ юго-востоку, а въ Судетскихъ горахъ даже къ югу и къ юго-западу. Такимъ образомъ мы здѣсь находимъ слѣды несомнѣннаго изгиба, подобнаго тому, который мы видимъ въ новѣйшихъ складкахъ Карпатовъ. Сопоставляя все сказанное выше о направленіи складокъ въ разсматриваемыхъ горахъ средней Европы, мы придемъ къ выводу, что въ допермское время существовала непрерывная цѣпь складчатыхъ горъ простиравшаяся изъ восточной Франціи въ Германію. *Зюссъ* назвалъ эту цѣпь *Варискійскими**) *горами*, а *Пенкъ* — *Среднегерманскими Альпами*. Остатки этой горной системы не позволяютъ намъ вполнѣ возстановить направленіе складокъ въ сброшенныхъ ея частяхъ: можетъ быть, она представляла изгибы, подобно Судетскимъ горамъ, но они во всякомъ случаѣ скрыты подъ мощною толщею болѣе новыхъ отложеній; горы, гдѣ складки отклоняются къ юго-востоку, (Баварскій и Чешскій лѣсъ) не даютъ тоже никакихъ указаній на способъ ихъ соединенія съ другими частями хребта. Неразрывность послѣдняго можетъ быть доказана на протяженіи отъ Арденнъ до горъ Альтфатера въ Судетахъ; поэтому мы должны отдѣлить отъ Варискійскихъ горъ другую цѣпь допермскихъ складокъ, простиравшихся къ востоку-юго-востоку и выступающихъ въ настояще время въ Англіи и Ирландіи, въ самыхъ южныхъ частяхъ Бретани и въ Нормандіи. Главный періодъ образованія складокъ этого хребта также относится къ концу каменноугольнаго періода. Древнѣйшія каменноугольныя отложенія были захвачены складками, позднѣйшія же образованія этого періода лежатъ на размытыхъ складкахъ разсматриваемой системы и обнаруживаютъ ингрессивное напластованіе. *Зюссъ* назвалъ эту цѣпь древнихъ складокъ *Арморикансками***) горами. Складки этого хребта развивались по направленію къ сѣверу; важно отмѣтить здѣсь любопытную ихъ особенность, — складчатые перебросы на ихъ наружномъ краю. Карта на рис. 253 отмѣчаетъ направленіе переброшеннаго наружнаго края. Онъ простирается изъ южной Ирландіи и Англіи въ Бельгійскій каменноугольный бассейнъ, съ любопытными особенностями котораго мы познакомились уже выше (см. рис. 240).

По окончаніи процесса образованія допермскихъ складокъ альпійская система была отчасти размыта и затѣмъ залита моремъ. Та же судьба постигла Арморикансія и Варискійскія горы: сглаженныя складки ихъ скрылись подъ водою. Тріасовыя и юрскія отложенія покрыли остатки этихъ древнихъ горъ и образовали надъ ними горизонтальные известковые, песчаные и глинистые пласты до 1000 м. мощьностью.

Нѣкоторыя части хребта, какъ напр., большинство рейнскихъ сланцевыхъ горъ, Сосновыя горы, Саксонскія Рудныя и Арморикансія, выдвигались среди юрскаго моря въ видѣ островов; нѣкоторыя уже въ тріасовый періодъ лежали за предѣлами моря,

*) По имени германскаго племени варисковъ, которые населяли Баварію и Сосновыя горы. *Прим. перев.*

**) Отъ латинскаго названія Бретани — Armorica.

но въ общемъ въ теченіи всей мезозойской эры Альпы и страны, расположенныя къ сѣверу отъ нихъ, были покрыты водою. Только въ концѣ юрскаго періода, а въ Альпахъ нѣсколько позднѣе, море стало отступать и въ верхне-мѣловую эпоху заняло уже другую площадь.

Въ этотъ періодъ Европа вступаетъ въ новую знаменательную стадію своего геологическаго развитія: въ альпійской системѣ образуются складки, а въ Арморикансвихъ и Варискійскихъ горахъ происходятъ обширные сбросы, которые и создаютъ тѣ неправильныя очертанія, которыя мы находимъ въ остаткахъ этихъ цѣпей. Во многихъ мѣстахъ, — на краю центральнаго плоскогорія Франціи, на южной сторонѣ Саксонскихъ Рудныхъ горъ, въ средней и южной Германіи, — изъ однихъ трещинъ выливаются вулканическія массы, другія же заполняются рудами и минералами. Только въ обширныхъ низменностяхъ, которыя располагаются около сбросовыхъ выступовъ, сохраняются неприкосновенными мощные пласты мезозойскихъ отложеній. На вершинахъ складчатыхъ массивовъ, которые сохранили свое первоначальное положеніе, эти осадочные пласты быстро размываются. Они исчезаютъ здѣсь совершенно, обнажая древнія массы горъ и выступая вокругъ нихъ въ видѣ пояса.

Лентообразный поясъ мезозойскихъ отложеній, находимый около средне-европейскихъ древнихъ горъ, долго считали породами, которыя мезозойское море отлагало у своего берега. Но, съ одной стороны эти образованія вовсе не носятъ характера прибрежныхъ отложеній, съ другой стороны — около древнихъ массивныхъ горъ видны ступенчатые сбросы. Въ слѣдующей главѣ мы снова вернемся къ этому вопросу, теперь же замѣтимъ, что въ самое послѣднее время онъ нашелъ блестящее разрѣшеніе, благодаря чрезвычайно любопытному открытію. У Альперсбаха на массивѣ Фельдберга, поднимающемся болѣе, чѣмъ на 1000 м. надъ уровнемъ моря, Штейнманнъ нашелъ новѣйшія, повидимому, третичныя отложенія, состоящія главнымъ образомъ изъ закругленныхъ галекъ тріасовыхъ и юрскихъ породъ. Кругомъ залегаютъ только гнейсы, и такъ какъ гальки не могли попасть сюда снизу, то, очевидно, онѣ скатились съ вершины Фельдбергскаго массива, въ то время, когда не были еще размыты покрывавшія его тріасовыя и юрскія отложенія.

Въ концѣ палеозойской эры, повидимому, не было существеннаго различія въ строеніи Альпъ и странъ, расположенныхъ къ сѣверу отъ нихъ. И тутъ, и тамъ, происходятъ въ разное время движенія, вслѣдствіе которыхъ развиваются складки по направленію къ сѣверу; въ обѣихъ областяхъ этотъ процессъ сопровождается вулканическими изліяніями кварцеваго порфира. Въ третичный періодъ Альпы снова подверглись боковому сжатію, которое выразилось появленіемъ новыхъ складокъ. Въ странахъ, смежныхъ съ Альпами, эти движенія отразились иначе: здѣсь появились трещины, по которымъ произошли сбросы; но въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и въ третичный періодъ возникали незначительныя, такъ называемыя „запоздалыя“ складки, („posthume Falten“). Въ большинствѣ случаевъ эти вовѣйшія складки распространялись въ томъ же направленіи, какъ и складки каменноугольнаго періода.

Мы познакомились съ исторіей Варискійскихъ и Арморикансвихъ горъ. Если мы перейдемъ за ихъ сѣверную границу, то встрѣтимъ въ Англіи и Шотландіи область, которая относится къ этимъ горамъ такъ же, какъ сами онѣ относятся къ Альпамъ: это — область древнѣйшихъ сбросовыхъ выступовъ со складками, образовавшимися въ значительно раннее время. Здѣсь мы находимъ горизонтальные пласты краснаго нижне-девонскаго песчаника, покоящіеся на смытыхъ силурійскихъ складкахъ. Въ

горахъ, которыя *Зюссъ* назвалъ *Каледонскими,* съ полною ясностью выступаютъ до-девонскія складки (см. карту на рис. 253); любопытно, что и здѣсь наблюдаются складчатые перебросы по направленію къ сѣверо-западу. Поясъ переброшенныхъ пластовъ начинается у Лохъ Эриболла, на крайнемъ сѣверо-востокѣ Шотландіи, и простирается отсюда на протяженіи 140 км. къ юго-юго-западу. Онъ изслѣдованъ англійскими геологами съ поразительною точностью. Горы распадаются на громадное число „чешуй“ гнейса и силурійскихъ отложеній; чешуи налегаютъ другъ на друга по плоскостямъ, падающимъ на востоко-юго-востокъ. На головы этой системы безчисленныхъ чешуй переброшены значительныя глыбы того же состава, по крайней мѣрѣ. на протяженіи 16 км. Въ виду этого здѣсь мы находимъ такую сложность строенія и такое обиліе горизонтальныхъ перемѣщеній, какія трудно встрѣтить въ другомъ мѣстѣ.

Вернемся опять къ областямъ, расположеннымъ къ сѣверу отъ Альпъ, и остановимся на той ихъ части, которая по своему строенію значительно уклоняется отъ типа средне-европейскихъ массивовъ. Мы говоримъ объ обширной русской равнинѣ (см. рис. 253), которая располагается къ востоку отъ Карпатскихъ горъ и представляетъ полную противоположность возвышенному Чешскому массиву. Днѣстръ и его притоки, берущіе начало въ Карпатскихъ горахъ, прорыли здѣсь глубокое ложе съ отвѣсными стѣнами, — настоящій каньонъ. Прибрежныя обнаженія показываютъ, что подъ лессовыми и валунными отложеніями располагаются верхне-третичныя, верхне-мѣловыя и верхне-юрскія морскія образованія, далѣе идутъ красные песчаники девонской системы и, наконецъ, силурійскія и архейскія породы. Нигдѣ не видно и слѣдовъ складчатости, всѣ пласты лежатъ горизонтально, и только вся мѣстность обладаетъ незначительнымъ наклономъ къ юго-западу. Отъ Галицко-Подольской возвышенности безъ конца тянется обширная равнина, горизонтальные пласты покрываютъ всю Россію, и только далеко на сѣверѣ, на берегу Финскаго залива выступаютъ подстилающіе ихъ граниты и гнейсы. Эти пласты съ давнихъ временъ не подвергались никакимъ нарушеніямъ. Древнѣйшія кембрійскія отложенія съ окаменѣлостями покоятся на складкахъ архейскаго гнейса. Архейскія породы образовали складки не только раньше наступленія силурійскаго періода, но были уже смыты, когда начались отложенія кембрійскихъ породъ. Такимъ образомъ мы наталкиваемся здѣсь на слѣды самыхъ древнѣйшихъ исчезнувшихъ кряжей: русская равнина представляетъ обширный кусокъ земной коры, который оставался спокойнымъ и неподвижнымъ въ теченіи долгаго времени, когда отлагались всѣ пласты, содержащіе окаменѣлости.*)

Другой примѣръ того же рода находимъ мы въ Америкѣ, въ такъ называемомъ Канадскомъ Щитѣ, который также состоитъ изъ архейскихъ породъ съ слѣдами древнѣйшихъ складокъ (см. рис. 257). Если мы будемъ сравнивать альпійскую систему съ средне-европейскими и западно-европейскими массивами, то увидимъ правильную послѣдовательность складокъ: направляясь отъ Гебридскихъ острововъ къ югу, мы находимъ все болѣе поздніе пояса складокъ. Сначала идутъ додевонскіе кряжи, затѣмъ каменноугольные, наконецъ, новѣйшія складки Альпъ. На далекомъ востокѣ у

---

*) Мы не имѣемъ возможности представить здѣсь болѣе подробную картину развитія Европейской Россіи, такъ какъ для этого понадобилось бы знакомство съ исторической геологіею. Отлагая этотъ вопросъ до 2-го тома, ограничимся здѣсь указаніемъ двухъ прекрасныхъ статей проф. *А. Карпинскаго,* которыя снабжены множествомъ картъ, облегчающихъ пониманіе текста: „Очеркъ физико-географическихъ условій Европейской Россіи въ минувшіе геологическіе періоды“ (Прил. къ LV тому Зап. Имп. Акад. Наукъ) и „Общій характеръ колебаній земной коры въ Европейской Россіи“ (Изд. Имп. Акад. Наукъ, 1894 г. № 1 (Сентябрь).
Прим. перев.

подножія восточныхъ Карпатовъ разстилается обширная русская равнина, со времени кембрійскаго періода не подвергавшаяся складкамъ. Отсюда видно, какъ разнообразны по своему происхожденію части земной коры, располагающіяся другъ подлѣ друга.

Въ альпійской системѣ процессы образованія складокъ длились съ неоднократными перерывами отъ верхне-мѣловой до пліоценовой эпохи; образованіе складокъ въ средне-европейскихъ массивахъ происходило въ палеозойскую эру. Новѣйшія же складки альпійскихъ цѣпей вызваны цѣлымъ рядомъ движеній, которыя охватывали не всю систему, но отдѣльные пояса, состоящіе изъ новообразовавшихся отложеній и примкнувшіе къ прежнимъ цѣпямъ: по существу всѣ эти движенія были тождественными, но напряженность ихъ въ различныхъ мѣстахъ была неодинакова; образованіе палеозойскихъ складокъ тоже неоднократно прерывалось и сопровождалось наступательнымъ движеніемъ моря: эти древнѣйшія складки въ различныхъ частяхъ хребта выступили также неодновременно. Вѣроятно, что на ряду съ допермской эпохой образованія складокъ тектоническіе процессы дѣйствовали въ Альпахъ и въ болѣе древніе періоды палеозойской эры: съ большимъ вѣроятіемъ можно допустить

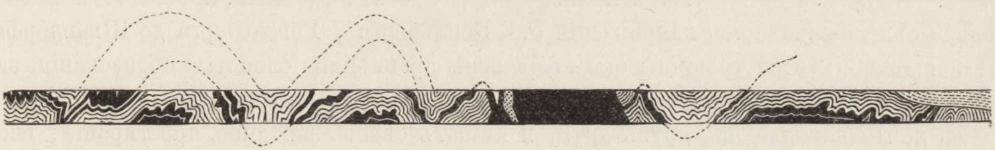


Рис. 257. Разрѣзъ архейскихъ отложеній Канады на протяженіи отъ Петитъ Насіонъ до С. Жерома. (По Логану.) Размываніе уничтожило складки, изображенныя у насъ пунктиромъ, и превратило горную страну въ равнину.

существованіе докембрійскихъ складокъ въ архейскихъ сланцахъ: позднѣйшіе горообразующіе процессы сгладили и во всякомъ случаѣ затемнили ихъ, а потому доказать эти складки чрезвычайно трудно. Тѣмъ бóльшую цѣнность представляютъ тѣ факты, которые раскрываются передъ нами при изслѣдованіи сбросовыхъ горъ. Оба большіе періода образованія складокъ отдѣляются длиннымъ періодомъ наступанія моря и непрерывнымъ образованіемъ осадковъ; повидимому, въ этотъ періодъ не происходило образованія складокъ, а также не было и значительныхъ изверженій; по крайней мѣрѣ, мы не имѣемъ никакихъ указаній на нихъ.

Области опусканія.

Знакомясь съ внутреннимъ строеніемъ складчатыхъ цѣпей и массивовъ, мы могли видѣть, въ какой степени вліяютъ на образованіе рельефа *осѣданія земной коры по линіямъ сбросовъ*. На этомъ проявленіи горообразующихъ процессовъ мы остановимся теперь подробнѣе и познакомимся сначала съ *франконско-швабскою* областью опусканія, о которой мы упоминали уже выше. Она образована тріасовыми и юрскими отложеніями и обладаетъ формою треугольника. На востокѣ эта область ограничивается Тюрингскимъ и Франконскимъ лѣсомъ, Сосновыми горами и Баварскимъ лѣсомъ, а на западѣ — Оденвальдомъ и Шварцвальдомъ; на югѣ, между Шаффгаузеномъ и Регенсбургомъ, она оканчивается крутымъ обрывомъ Дунайскаго сброса; по образному выраженію *Зюсса*, она напоминаетъ прорванный ледяной покровъ без-

воднаго пруда. „На востокѣ и на западѣ у гранитныхъ и гнейсовыхъ горъ тріасовыя и юрскія отложенія, благодаря прорѣзывающимъ ихъ сбросамъ, спускаются внизъ въ видѣ ступеней лѣстницы — „ступенчатые сбросы". Въ разныхъ мѣстахъ этой области осѣли круглые массивы юрскихъ отложеній; на мѣстѣ одного изъ такихъ проваловъ и образовалась огромная котловина у Нёрдлингена. Къ сѣверу отъ этой котловины вдоль Дуная мы находимъ многочисленные сбросы юрскихъ отложеній Швабіи и подстилающихъ ихъ тріасовыхъ породъ, которыя залегаютъ въ глубинѣ у сѣвернаго подножія Альпъ.

„Уже давно обрывъ у Дуная считался краемъ впадины, а огромная котловина у Нёрдлингена разсматривалась, какъ провалъ. Но это только отдѣльныя проявленія процесса, который выразился рядомъ осѣданій на всемъ протяженіи до Фогельсберга и Тюрингскаго лѣса: такое соображеніе подтверждается существованіемъ сбросовъ на западѣ и на востокѣ у подножія древнихъ горъ".

На восточномъ краю области опусканія, тамъ, гдѣ она ограничивается Баварскимъ лѣсомъ и Сосновыми горами, Гюмбель прослѣдилъ двѣнадцать сбросовыхъ линій. Началомъ ихъ служитъ Кейльбергская краевая трещина, простирающаяся въ сѣверо-сѣверо-западномъ направленіи отъ Кейльберга у Регенсбурга до Швандорфа. По направленію этой трещины были сброшены древнѣйшія слоистыя образованія, залегающія у края первобытныхъ горъ. Трещины, расположенныя далѣе къ сѣверу, идутъ почти параллельно другъ другу и имѣютъ сѣверо-западное простираніе; сначала мы встрѣчаемъ Амбергскую трещину, которая извѣстна своими залежами желѣзныхъ рудъ и продолженіемъ которой, кажется, служитъ Сесслахская трещина; слѣдующая трещина, также заполненная рудами, простирается между Фрейбургомъ и Байрейтомъ; далѣе мы находимъ трещину, идущую отъ Вейдена къ Боденмюлю, и множество другихъ; изъ числа послѣднихъ можно выдѣлить Кульмбахскую трещину, которая начинается сѣвернѣе Кобурга, и Кисссингенскую трещину. Вдоль первой изъ этихъ трещинъ произошелъ полный перебросъ узкой полосы кейпера и раковистаго известняка; вдоль послѣдней чрезвычайно длинной трещины располагаются знаменитые Киссингенскіе цѣлебные ключи. Рядъ осѣвшихъ породъ начинается пластами краснаго мертваго лежня, который, обладая крутымъ паденіемъ, является какъ бы втиснутымъ между древними горами и мезозойскими отложеніями; тутъ и тамъ вмѣстѣ съ нимъ были сброшены верхнія каменноугольныя образованія; такія мѣста тщательно разыскиваются для добыванія каменнаго угля. Уже въ незначительномъ удаленіи отъ первобытныхъ горъ пласты становятся почти горизонтальными.

Къ сѣверо-западу отсюда, у края Тюрингскаго лѣса, линіи сбросовъ были изучены очень точно. Здѣсь также можно отмѣтить ступенчатые сбросы пластовъ, понижающіеся къ юго-западу; впрочемъ, полнаго тождества съ описанными выше явленіями не наблюдается: нѣкоторыя сѣверныя полосы осѣли болѣе южныхъ, вслѣдствіе чего между сброшенными массивами образовались впадины. Одинъ изъ наиболѣе изученныхъ сбросовъ, происшедшій между Мёкерсомъ и Бейсхауфеномъ, представляетъ любопытную особенность: въ сѣверо-западной половинѣ его опустилось сѣверное крыло, при чемъ высота сброса достигаетъ 370 — 450 м., въ юго-восточной же части его осѣло южное крыло; впрочемъ такое явленіе наблюдалось неоднократно и въ другихъ мѣстахъ.

У западной границы области опусканія повторяются уже извѣстныя намъ явленія. У края Оденвальда располагается поясъ круто падающихъ пластовъ краснаго

мертваго лежня; въ прилегающихъ къ нему мезозойскихъ образованіяхъ *Бенеке* и *Когенъ* различаютъ три системы трещинъ: однѣ изъ нихъ направляются къ сѣверо-востоку, параллельно краевымъ очертаніямъ области опусканія; это такъ называемыя „оденвальдскія“ трещины; другія простираются къ сѣверо-сѣверо-востоку и группируются главнымъ образомъ у западнаго края Оденвальда и Шварцвальда; онѣ стоятъ въ связи съ сбросовой впадиной, образовавшей долину Рейна, и носятъ названіе „рейнскихъ“ трещинъ; наконецъ, третью группу составляютъ такъ называемыя „поперечныя“ трещины, пересѣкающія подъ угломъ оба вышеотмѣченныхъ направленія. Какъ показалъ впервые *Эли де-Бомонъ*, у края Шварцвальда рейнскія трещины выражаются чрезвычайно отчетливо; то же находимъ мы и на противоположномъ выступѣ Вогезъ; вслѣдствіе сброса по этимъ трещинамъ и образовалась впадина рейнской долины. У юго-западнаго края Шварцвальда располагается Кандернскій сбросъ; у сѣверо-восточнаго края сброшены мезозойскіе пласты. Тѣ же явленія, хотя и не въ столь рѣзко выраженной формѣ, были отмѣчены недавно и на юго-восточной сторонѣ названныхъ горъ. Если бы даже вмѣсто ступенчатыхъ сбросовъ мы нашли здѣсь болѣе постепенное паденіе слоевъ, то и въ такомъ случаѣ Шварцвальдъ слѣдовало бы разсматривать, какъ массивный выступъ, и общій характеръ Швабской области опусканія не измѣнился бы. Въ серединѣ этой области, а также на югѣ ея уже давно были отмѣчены сбросы. Многія изъ соотвѣтствующихъ имъ трещинъ заполнились тяжелымъ шпатомъ и другими минералами; прекрасными примѣрами могутъ служить нейбулахская, штрисгеймская и фрейденштадская жилы.

Наиболѣе замѣчательныя изъ этихъ сбросовыхъ линій группируются вокругъ огромной котлообразной впадины у Нёрдлингена. Эта котловина достигаетъ 12—15 км. въ поперечникѣ; мѣстами на днѣ ея выступаютъ подстилающія эту мѣстность архейскія породы. Третичныя прѣсноводныя образованія и отложенія ключей покрываютъ эту равнину; тутъ и тамъ залегаетъ вулканическій туфъ; по краямъ сбросовъ можно отмѣтить нѣсколько мѣстъ, гдѣ происходили изверженія. Въ краяхъ горъ, ограничивающихъ котловину, Фраасъ и Деффнеръ нашли нѣсколько прямолинейныхъ сбросовъ; верхне-юрскіе известняки вокругъ нея совершенно раздроблены и прорѣзаны сбросами. Слѣдуетъ замѣтить, что происхожденіе огромной котловины у Нёрдлингена нѣкоторые изслѣдователи приписывали не тектоническимъ процессамъ, а вулканическому изверженію. Сходство ея съ менѣе значительными котловинами Альба, которыя носятъ характеръ „мааровъ“, говоритъ въ пользу такого объясненія.

Котлообразные провалы на равнинахъ принадлежатъ къ довольно рѣдкимъ исключеніямъ. Гораздо чаще встрѣчаются они въ складчатыхъ горахъ и преимущественно располагаются у внутренняго края послѣднихъ; они образуютъ глубокія низменности, внутреннія озера и моря. Иногда у краевъ и въ срединѣ происходятъ изверженія вулканическихъ горныхъ породъ. Примѣромъ такихъ болѣе или менѣе ясно выраженныхъ котлообразныхъ впадинъ могутъ служить: равнина По, располагающаяся у южнаго подножія Альпъ, съ базальтами въ окрестностяхъ Виченцы и Вероны и трахитами Евганейскихъ горъ, Венгерская низменность съ ея огромными массами трахита, Вѣнская котловина, направленная согласно простиранію примыкающихъ къ ней горъ, Ландзейская и Грацкая бухты, наконецъ, Тирренское море съ итальянскими вулканами у внутренняго края Аппенинъ и многіе другіе. Въ Европѣ *огромныя котловины* сосредоточены преимущественно на крайнемъ юго-востокѣ, а потому эта мѣстность можетъ служить исходнымъ пунктомъ для изученія этихъ явленій.

Между Греціей и Малой Азіей море усѣяно многочисленными островами; распредѣленіе ихъ въ архипелагѣ далеко не безпорядочно. Часть ихъ непосредственно примыкаетъ къ берегамъ материка; другіе располагаются рядами поперекъ моря и представляютъ какъ бы вершины подводнаго хребта, который тянется отъ Греціи къ Малой Азіи. При бѣгломъ взглядѣ на карту не трудно замѣтить, что изъ группы Цикладскихъ островов Андросъ и Кеосъ примыкаютъ къ берегамъ Аттики и Евбеи, а острова Косъ, Низиросъ, Калимносъ и др. — уже къ берегамъ Малой Азіи. Эта цѣпь островов тянется чрезъ все море и дѣлитъ его на двѣ половины, — сѣверную и южную. Остановимъ вниманіе на послѣдней. На югѣ она соединяется съ Средиземнымъ моремъ, но не непосредственно, а при помощи цѣлаго ряда проливовъ: на границѣ этихъ морей лежитъ островъ Критъ, къ которому съ той и съ другой стороны примыкаютъ острова Чериго, Чериготто, Карпато и Родосъ; въ серединѣ Эгейское море достигаетъ глубины около 1200 саженей, открытое же Средиземное море къ югу отъ Крита еще глубже.

Южная часть Эгейскаго моря представляетъ примѣръ котловины недавняго геологическаго возраста. Остановимся сначала на Критѣ. Этотъ гористый островъ въ настоящее время очень бѣденъ водой; въ серединѣ его располагается высокое сухое плоскогоріе, покрытое пластами новѣйшихъ галекъ; среди послѣднихъ находятъ множество костей, принадлежащихъ особому виду гиппопотамовъ, которые стоятъ въ близкомъ родствѣ съ бегемотами, живущими въ рѣкахъ и озерахъ Африки. Отсюда съ несомнѣнностью можно заключить, что это плоскогоріе въ дилювіальную эпоху было покрыто водой: островъ былъ богатъ озерами и рѣками, безъ которыхъ не могли бы жить названныя животныя. Изъ сказаннаго неизбѣженъ и другой выводъ: современный островъ Критъ, видимо, представлялъ тогда часть обширнаго нынѣ исчезнувшаго материка. Далѣе мы находимъ еще цѣлый рядъ любопытныхъ данныхъ на островахъ Критѣ, Родосѣ, Косѣ и др. новѣйшія прѣсноводныя отложенія располагаются у самаго берега, гдѣ море достигаетъ значительной глубины; очевидно, прежній берегъ прѣсноводныхъ озеръ, отдѣлявшій ихъ отъ моря, опустился. На юго-восточномъ берегу Коса лежатъ мощныя верхне-пліоценовыя и дилювіальныя морскія отложенія; они образуютъ холмы до 200 м. высотою. У подножія ихъ берегъ круто обрывается, мѣстами подъ угломъ въ 45°, и море достигаетъ здѣсь значительной глубины. Эти крутые обрывы могли образоваться только вслѣдствіе сброса, который произошелъ послѣ отложенія дилювіальныхъ морскихъ пластовъ: иначе эти мощные осадки уменьшили бы крутизну обрыва и способствовали бы образованію болѣе пологихъ береговъ. Сбросовая линія, ограничивающая островъ Косъ съ юга, является только частью огромной трещины, которая и отдѣляетъ южную половину Эгейскаго моря отъ сѣверной. Путемъ цѣлаго ряда наблюденій удалось доказать, что вся эта область прорѣзана цѣлою сѣтью трещинъ, вдоль которыхъ и произошли сбросы того материка, который располагался прежде между Критомъ, Цикладскими островами, Малой Азіей и Мореей. Присутствіе на Критѣ костей гиппопотама, жившаго въ дилювіальную эпоху, и рядъ данныхъ, которыя мы находимъ на островѣ Косѣ, заставляютъ допустить, что опусканіе материка произошло по окончаніи третичнаго періода, въ то время, когда уже землю населяли люди. Историки первобытной культуры должны рѣшить, не перешло ли первоначальное населеніе Греціи изъ Малой Азіи по тому перешейку, несомнѣнность котораго подтверждается геологическими фактами и который въ настоящее время исчезъ.

Указанными сбросами не ограничиваются измѣненія очертаній Средиземнаго моря, происходившія сравнительно недавно. Карта на рис. 258 представляетъ предполагаемое распредѣленіе суши и воды въ пліоценовую эпоху (т.-е. въ концѣ третичнаго періода). Въ подробностяхъ береговыя очертанія материка приблизительны; но въ общемъ карта основывается на несомнѣнныхъ фактахъ. По всѣмъ даннымъ необходимо заключить, что только незначительная часть материка была разрушена путемъ размыванія, и что бо́льшая его часть была сброшена и скрылась подъ поверхностью моря.

Мальта и Сицилія соединялись съ Африкой: это доказывается остатками африканскихъ слоновъ и другихъ млекопитающихъ, находимыми на томъ и другомъ островѣ. У восточнаго края Апеннинъ море было значительно обширнѣе, нежели теперь; наоборотъ восточная частъ современнаго Адріатическаго моря представляла сушу и Монте-Гаргано въ южной Италіи непосредственно соединялась съ Далмаціей. И до сихъ поръ, какъ свидѣтельствуетъ Кобельтъ, наземные молюски Монте-Гаргано принадлежатъ далматинской, а не итальянской фаунѣ. Далѣе, на многихъ островахъ Истріи и Далмаціи въ красныхъ костяныхъ брекчіяхъ дилювіальной эпохи находятъ остатки большихъ наземныхъ животныхъ, каковы: лошади, бизоны, олени и носороги. Они встрѣчаются даже на тѣхъ скалахъ, поверхность которыхъ не превышаетъ нѣсколькихъ квадратныхъ метровъ и которыя во время каждаго прилива покрываются водой, напр., на скалѣ Цабодакки у Малаго Лосиня (Луссинпикколо) или на рифѣ Сило къ югу отъ Малаго Каньдола (Канидолепикколе). Само собой разумѣется, что эти животныя не могли быть обитателями такихъ крошечныхъ островковъ; остатки ихъ несомнѣнно указываютъ на существованіе обширнаго пространства суши. Можно привести въ подтвержденіе этого вывода еще рядъ фактовъ. На островахъ Канидолепикколе, Унье и Сушакѣ (Сансего) располагаются на мѣловомъ известнякѣ лессовидныя мелкозернистыя песчаныя образованія, выше 15 м. мощностью. Присутствіе этой же породы доказано на южномъ берегу Истріи; сходство ея съ наносами большихъ рѣкъ, напр. Дуная, поразительно. Въ этихъ вполнѣ затвердѣвшихъ породахъ *Маркесетти* нашелъ скорлупки нынѣ живущихъ наземныхъ молюсковъ: нѣтъ сомнѣнія, что лессовидные песчаники, залегающіе на низкомъ известняковомъ основаніи непосредственно выдвигающіеся изъ морскихъ волнъ, представляютъ отложенія большой рѣки. Еще въ самомъ концѣ дилювіальной эпохи эти острова соединялись съ Истріей и Далмаціей. Море, располагающееся между Іоническими островами и Греціей, въ это време не существовало: въ материкъ вдавалась только небольшая бухта: она шла между Критомъ и Пелопонесомъ и достигала окрестностей Аѳинъ и Мегары. Море не омывало въ это время южныхъ береговъ Крита и Малой Азіи и не достигало современныхъ границъ сѣверной Африки, Палестины и Сиріи. Какъ показываютъ морскія отложенія на островѣ Критѣ, заливъ простирался на востокъ, но онъ не могъ обладать значительными размѣрами.

Такимъ образомъ область осѣданія занимаетъ чрезвычайно огромное пространство. Если мы примемъ въ разсчетъ, что въ то время уровень моря стоялъ выше, чѣмъ теперь, и что въ разсматриваемой области глубина достигаетъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ болѣе 3000 м., то общая величина осѣданія окажется чрезвычайно огромной; наоборотъ, горы, образовавшіяся въ то же время, обладаютъ скромными размѣрами. Цѣлый рядъ соображеній заставляетъ признать, что осѣданія по линіямъ сбросовъ являются чрезвычайно важнымъ дѣятелемъ въ образованіи лика земли и что появленіе складокъ и образованіе горизонтальныхъ сдвиговъ имѣютъ второстепен-

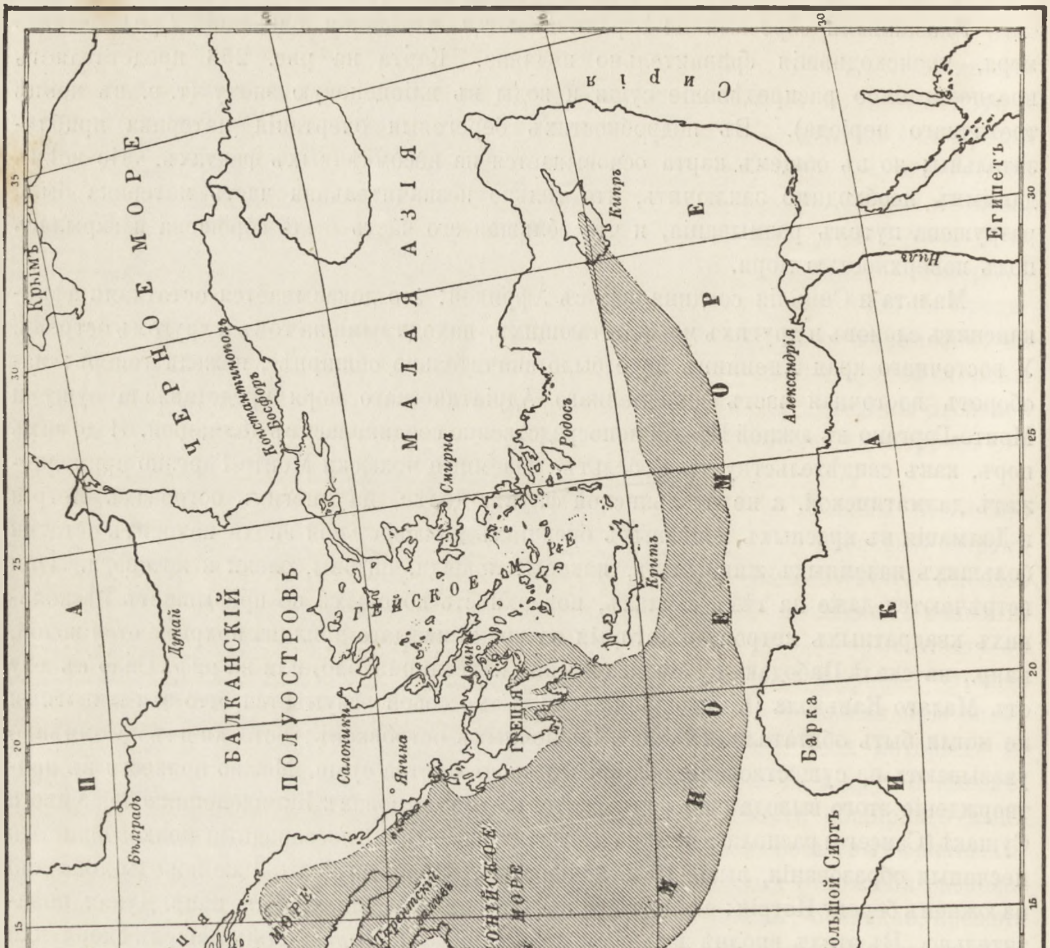


Рис. 258. Карта восточной части Средиземного моря въ началѣ пліоценовой эпохи.

ное значеніе. Послѣдствія этихъ грандіозныхъ процессовъ отразились не только на тѣхъ областяхъ, которыя непосредственно опустились, но также и на высотѣ уровня всего океана; образовавшіяся впадины были залиты водою и, какъ ни велика общая масса воды въ океанѣ, тѣмъ не менѣе заполненіе большихъ котловинъ, какъ показалъ *Зюссъ,* не остается безъ вліянія иа общій уровень воды, который постепенно, хотя и незамѣтно, понижается на протяженіи всей земли.

Дальнѣйшія изслѣдованія безъ сомнѣнія откроютъ еще цѣлый рядъ подобныхъ котловинъ. Существованіе огромныхъ впадинъ этого рода можно предположить у восточныхъ береговъ Азіи, гдѣ громадныя части океана отрѣзаны длинными рядами острововъ. Примѣрами могутъ служить: Японское, Охотское и Берингово моря и, наконецъ, обширная область Малайскихъ острововъ. Впрочемъ вопросъ представляется настолько сложнымъ, что безъ обстоятельнаго изученія этой мѣстности нельзя (при помощи только картъ) отмѣтить линій сброса. Въ Атлантическомъ океанѣ примѣромъ котловины можетъ служитъ Караибское море, на югѣ котораго находится сѣверный берегъ Южной Америки, на сѣверѣ и на востокѣ — рядъ Антильскихъ острововъ. Факса-фіордъ въ Исландіи представляетъ такую же котловину.

Изъ предыдущаго мы уже видѣли, какое огромное значеніе имѣютъ области опусканія въ образованіи лика земли. Громадная *восточно-африканская сбросовая впадина,* изученная въ самое послѣднее время, служитъ подтвержденіемъ этого вывода. О сбросовыхъ впадинахъ мы говорили уже неоднократно: онѣ образуются въ тѣхъ случаяхъ, когда между двумя параллельными линіями сбросовъ опускается длинная и узкая полоса земли. Рейнская долина, между Шварцвальдомъ и Вогезами, долина Лейны у Геттингена, Красное море, долина Іордана и Мертвое море, длинныя сбросовыя впадины въ Исландіи и въ Рудныхъ горахъ могутъ служить примѣрами, но восточно-американская сбросовая впадина превосходитъ своею громадностью всѣ перечисленныя выше. Эти грандіозныя перемѣщенія сопровождались изліяніемъ на поверхность громадныхъ количествъ лавы. Доказательствомъ служатъ огромныя огнедышащія горы, вродѣ Килиманджаро и Кеніи, и отчасти дѣйствующіе вулканы этой мѣстности, какъ, напр., Телеки. Вулканическія явленія, находящіяся въ связи съ этою сбросовой впадиной, были описаны выше на стр. 231—232, теперь же мы ограничимся исключительно описаніемъ ея тектоническихъ особенностей. Сброшенная область обладаетъ чрезвычайно простымъ геологическимъ строеніемъ. Первоначальная равнина состояла изъ архейскихъ породъ, гнейса, слюдяного сланца и гранита, прорѣзанныхъ порфирами и зеленокаменными породами и отчасти покрытыхъ базальтовыми потоками болѣе поздняго возраста. Только на восточномъ берегу тянется длинная лента средне и верхне-юрскихъ известняковъ и сланцевъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ они прикрыты песчаниками неизвѣстнаго возраста. Въ странѣ Сомаль, кромѣ верхне-юрскихъ отложеній, мы встрѣчаемъ неокомскія образованія, т. е., древнѣйшій ярусъ мѣловой системы. Сбросы начинаются уже подъ 15 и 16^0 ю. ш.; въ долинѣ рѣки Шире тянутся въ меридіанальномъ направленіи два высокихъ крутыхъ обрыва, отстоящіе другъ отъ друга, по крайней мѣрѣ, на 50 и не болѣе 80 км.; они продолжаются на берегу озера Ніассы (см. карту на рис. 259). На сѣверномъ концѣ послѣдняго направленіе сброса измѣняется на сѣверо-сѣверо-западное, и впадина продолжается въ видѣ не имѣющихъ стоковъ озеръ Леопольда и Танганайки. Длинная, глубокая и скалистая впадина Танганайки издавна считалась примѣромъ тектонической котловины; о громадности происшедшаго сброса можно судить по слѣдующему:

глубина озера 1700—2700 м., высота отвѣсныхъ береговъ его 2000 — 2400 и даже 3000 м. Къ сѣверу отъ Танганайки края сбросовой впадины идутъ въ меридіанальномъ направленіи и ограничиваютъ долину рѣки Руссиси. Далѣе впадина отклоняется нѣсколько на сѣверо-сѣверо-востокъ, и продолженіемъ ея служатъ озера Альберта и Альберта-Эдварда. Края впадинъ выдвигаются въ видѣ валовъ и имѣютъ такой видъ, какъ будто въ моментъ образованія трещины края ея были приподняты вверхъ. Въ связи съ этою своеобразною формою краевъ котловины стоитъ направленіе рѣкъ: непосредственно къ востоку отъ обрыва Танганайки беретъ начало Нилъ, озеро же изливается по направленію къ Конго.

Къ сѣверу отъ Ніассы возвышаются довольно высокія горы, образованныя архейскими породами. Непосредственнаго меридіанальнаго продолженія сбросовой впадины мы не находимъ. Но далѣе къ сѣверу, вѣроятно подъ 6^0 южн. широты, на меридіанѣ озера Ніассы, снова появляется сбросовая впадина; это уже начало *великой впадины* восточной Африки, которая по своей громадности занимаетъ исключительное мѣсто въ ряду подобныхъ ей образованій. Ее можно прослѣдить по географической широтѣ на протяженіи 40^0; начинаясь у 36^0 восточной долготы, эта впадина нѣсколько отклоняется на сѣверо-востокъ у восточнаго края Абиссинскаго плоскогорія, но въ области Краснаго моря снова принимаетъ меридіанальное направленіе. Отдѣльныя части этого огромнаго сброса были извѣстны уже давно, но только благодаря изслѣдованіямъ отважныхъ путешественниковъ графа *Телеки* и лейтенанта *Хёнеля* оказалось возможнымъ привести въ связь разрозненныя свѣдѣнія; послѣдняя задача была блистательно рѣшена *Зюссомъ*. Послѣ нихъ *Гансъ Мейеръ* и *О. Бауманнъ* немало способствовали детальному изученію южной части сброса.

Характеръ перемѣщенія обладаетъ нѣкоторымъ непостоянствомъ, что стоитъ въ связи съ огромнымъ протяженіемъ впадины. Такъ, напр., въ южной части ея *Бауманъ* нашелъ крутой край приподнятаго крыла только на западной сторонѣ; равнина, лежащая на высотѣ 1800—2000 м., падаетъ здѣсь отвѣсными линіями ко дну сбросовой впадины, которая по направленію на востокъ простирается почти горизонтально (см. рис. 260). На этомъ днѣ мы находимъ рядъ не имѣющихъ стока озеръ, воды которыхъ почти во всѣхъ случаяхъ насыщены солью; таковы: болото Бубу, озеро Балангда, на берегу котораго возвышается вулканъ Гуруи (3100 м.), прѣсноводное озеро Майтсимба (1441 м.), Лауа-и-Серери и Манжара (1000 м.). Еще ниже спускается дно котловины у Натроваго озера (650 м.) и небольшого озера Догланъ; далѣе, на сѣверъ, у озеръ Найваша (1860 м.), Ангато Найронья (1840 м.), Баринго (1115 м.) и др., оно опять поднимается и достигаетъ, наконецъ, самаго низкаго уровня въ покрытой раковинами степи Суката и въ озерѣ Рудольфа (400 м.). Схема сбросовой впадины выступаетъ здѣсь съ значительно меньшею ясностью, чѣмъ въ центральномъ сбросѣ озеръ Ніассы и Танганайки. Приподнятыя крылья сбросовъ, достигающія абсолютной высоты въ 400—1000 метр., всюду выступаютъ съ несомнѣнностью, но обладаютъ неравномѣрнымъ развитіемъ; въ глубинѣ впадины нѣкоторыя части дна осѣли менѣе сосѣднихъ. Послѣднее относится къ той части впадины, которая располагается къ югу отъ озера Рудольфа и которую *Зюссъ* характеризуетъ слѣдующими словами: „На протяженіи этого длиннаго пояса мы находимъ рядъ продольныхъ трещинъ, разбивающихъ его на многочисленные вытянутые участки; происхожденіе ихъ могло быть слѣдующимъ: на значительной глубинѣ существовала трещина; распространяясь вверхъ, она развѣтвлялась и образовала систему

Рис. 259. Сбросовая впадина восточной Африки. (По Зюссу, Г. Мейеру, О. Бауманну и др.)

длинныхъ и петлеобразно пересѣкающихся трещинъ, которыя разбили мѣстность на многочисленные участки; при сбросѣ послѣдніе осѣли неравномѣрно, и такимъ образомъ создалась картина восточно-африканской впадины. По трещинамъ выдѣлились лава и пепелъ; продукты вулканическихъ изверженій отчасти выровнили дно впадины, обогнувъ котловины, въ которыхъ располагаются не имѣющія стоковъ озера". Вслѣдствіе такого развѣтвленія главной трещины могли образоваться боковыя сбросовыя впадины или просто параллельные сбросы. Въ одной изъ такихъ небольшихъ впадинъ, къ востоку отъ озера Рудольфа, располагается озеро Стефаніи, на другой

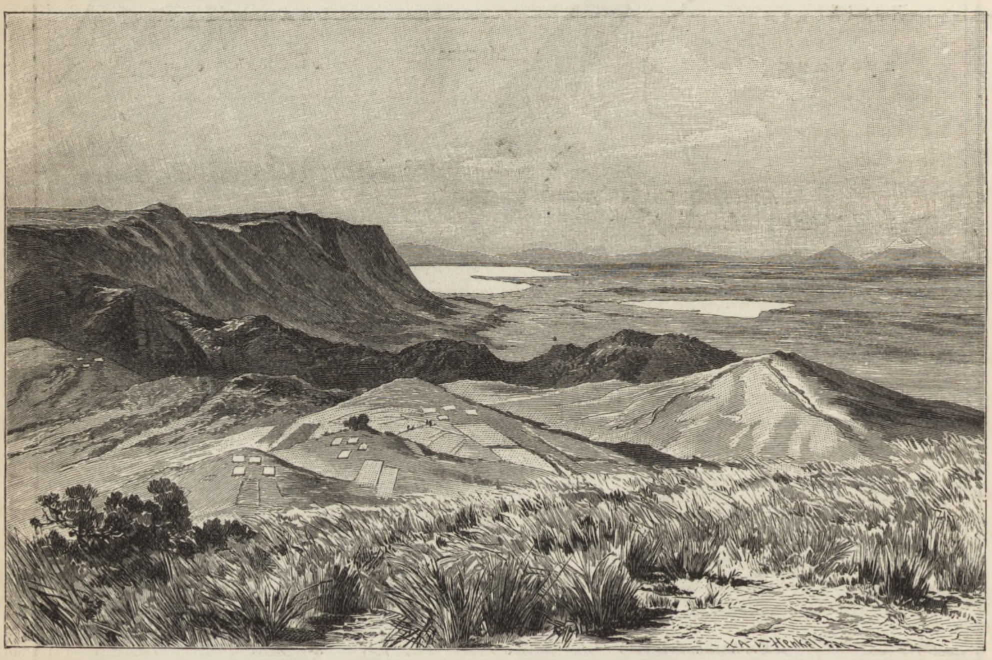


Рис. 260. Великая восточно-африканская сбросовая впадина у Мери (Ираку) съ озеромъ Манжара; на заднемъ планѣ виднѣется вулканъ Килиманджаро.

выдвигается вулканъ Эльгонъ. Наконецъ, какъ полагаетъ *Бауманъ*, и Килиманджаро лежитъ въ такой боковой впадинѣ, образовавшейся къ востоку отъ Манжары. Къ западу отъ этого озера мы находимъ глубокую сбросовую впадину Вембере. Точно также и центральная трещина Ніассы и Танганайки сопровождается параллельными ей боковыми сбросами.

Къ востоку отъ озера Рудольфа до сѣверной границы восточно-абиссинскихъ краевыхъ озеръ (приблизительно на 8° сѣв. шир.) лежитъ малоизвѣстная часть сбросовой впадины; далѣе слѣдуетъ опять болѣе или менѣе изученная часть; она образуетъ долину рѣки Гавашъ и сливается со впадиной Краснаго моря; послѣдняя даетъ два отрога: одинъ образуетъ Суэцкій заливъ, другой — заливъ Акаба, лежащій къ востоку отъ Синая и посредствомъ Вадиэль Араба соединяющійся съ Мертвымъ моремъ и долиной р. Іордана. Впадина Мертваго моря простирается въ меридіанальномъ направленіи; восточный край ея образуетъ крутые обрывы, западный сопровождается ступенчатыми сбросами. Стѣны впадины состоятъ изъ верхне-мѣловыхъ отложеній. Здѣсь также мы находимъ боковые сбросы; одинъ изъ нихъ прорѣзываетъ гору Синай

Къ сѣверу отъ озера Хуле сбросы отклоняются къ сѣверо-востоку и образуютъ впадину Баальбекъ; отсюда многочисленные сбросы вѣерообразно расходятся по направленію къ сѣверо-востоку, т.-е. къ Пальмирской пустынѣ; по свидѣтельству Динера, нѣкоторые изъ нихъ переходятъ въ флексоры, а одинъ даже образуетъ длинное сѣдло. У сѣвернаго конца Ливана впадина снова пріобрѣтаетъ меридіанальное направленіе; она прорѣзываетъ базальтовыя массы Хомса и, по наблюденіямъ *Бланкенгорна,* можетъ быть прослѣжена до края складчатыхъ Таврскихъ цѣпей.

Какъ показываетъ цѣлый рядъ фактовъ, громадная восточно-африканская впадина образовалась въ относительно недавнее геологическое время. Во многихъ мѣстахъ, какъ напр., въ Сиріи, Абиссиніи и Экваторіальной Африкѣ, она залита новѣйшими базальтовыми лавами. По свидѣтельству *Бланкенгорна,* въ сѣверной Сиріи сбросы прорѣзали прѣсноводныя пліоценовыя отложенія. Поэтому мы должны отнести образованіе великой впадины къ самому концу третичнаго періода. Другія соображенія заставляютъ допустить, что она уже существовала въ ледниковую эпоху: въ многочисленныхъ озерахъ, располагающихся на днѣ великой впадины, мы находимъ такъ называемыя береговыя террасы, которыя указываютъ на болѣе высокое положеніе уровня воды въ прежнее время; пониженіе же уровня не имѣющихъ стока озеръ происходило въ періодъ отступанія ледниковъ и объясняется измѣненіемъ климатическихъ условій. Наоборотъ, сбросовой впадинѣ Танганайки должно быть приписано болѣе позднее происхожденіе. Доказательствомъ этого служитъ ея замѣчательная реликтовая *) или остатковая фауна. Съ другой стороны, дислокаціонныя движенія у восточно-африканскихъ трещинъ не завершились еще и теперь, какъ это доказывается существованіемъ около нихъ вулканической дѣятельности и довольно значительныхъ сейсмическихъ явленій. Эти грандіозные сбросы, распространившіеся на протяженіи многихъ градусовъ, представляютъ рядъ своеобразныхъ особенностей. Иногда это трещина или пучекъ вѣерообразно расходящихся трещинъ, — какъ, напр., въ Сиріи, — иногда трещина сопровождается осѣданіемъ одного изъ ея крыльевъ, — какъ это мы и видимъ у Мертваго моря и къ югу отъ озера Манжары (см. рис. 260), въ другихъ случаяхъ нарушеніе принимаетъ характеръ настоящей сбросовой впадины, какъ напр., у Краснаго моря; наконецъ, мы встрѣчаемъ системы сбросовъ, раздробляющихъ поверхность на цѣлый рядъ отдѣльныхъ массивовъ, которые осѣли въ различной степени и всѣ вмѣстѣ образовали общую сбросовую впадину. Въ Великой Котловинѣ Сѣверной Америки существуетъ обширная сбросовая впадина — долина Гуннисона, достигающая 20 англійскихъ миль въ длину и 3 англійскихъ миль въ ширину. Дуттонъ объясняетъ ея происхожденіе растяженіемъ осадочныхъ пластовъ, которое и привело къ сбросу огромнаго массива. Точно также и *Зюссъ* предполагаетъ, что для объясненія огромныхъ восточно-африканскихъ нарушеній необходимо допустить существованіе извѣстнаго молекулярнаго напряженія: оно дѣйствовало перпендикулярно направленію трещины, а потому въ моментъ образованія послѣдней уничтожилось.

---

*) Во время отступанія моря на его прежнемъ днѣ образуются озера, въ которыхъ остается морская фауна. Но воды такихъ озеръ должны постепенно опрѣсняться стекающею сюда водою; населеніе ихъ, приспособившееся къ такимъ измѣнившимся жизненнымъ условіямъ, носитъ названіе остатковой или реликтовой фауны.

Сущность горообразующихъ процессовъ.

Разнообразныя явленія, о которыхъ мы до сихъ поръ говорили, сводятся къ дѣйствію двоякаго рода силъ: однѣ дѣйствуютъ сверху внизъ, другія въ горизонтальномъ или приблизительно горизонтальномъ направленіи. Какого рода эти силы и какія измѣненія вызываютъ онѣ въ массахъ земной коры? Прежде чѣмъ обратиться къ рѣшенію этого вопроса, замѣтимъ, что всѣ явленія *горообразованія,* сколь бы величественными они намъ ни казались, въ сравненіи съ величиной земли должны быть признаны слишкомъ незначительными. Только немногія вершины горъ подымаются на 7000 м. надъ уровнемъ моря и очень рѣдко болѣе чѣмъ на 8000 м. Діаметръ земли равняется 12,734,5 км.; слѣдовательно, самая вычочайшая изъ измѣренныхъ горъ Гауризанкаръ (8839 м.) составляетъ $^1/_{1440}$ его, а высшая вершина Альпъ, Монбланъ (4804 м.) — только $^1/_{2630}$. Эти возвышенности такъ же ничтожны въ сравненіи съ размѣрами всей земли, какъ морщины на кожѣ апельсина.

Кромѣ того, необходимо имѣть въ виду и другое важное обстоятельство: складки горъ не простираются на значительную глубину, а принадлежатъ только поверхностнымъ частямъ земной коры. Достаточно посмотрѣть на любой профиль горной цѣпи, чтобы убѣдиться въ этомъ.

Едва-ли нужно доказывать, что образованіе областей опусканія и сбросовъ происходитъ исключительно подъ вліяніемъ *земной тяжести* и что въ глубинахъ земной коры не можетъ существовать никакихъ другихъ силъ, производящихъ эти нарушенія. Для образованія сброса необходимо, чтобы массивъ потерялъ опору, а это возможно лишь при сокращеніи или сжатіи внутреннихъ частей земли. Образованіе складокъ предполагаетъ сокращеніе поверхностей занимаемой верхними слоями земной коры и является послѣдствіемъ бокового сжатія ея; процессъ этотъ можно объяснить сокращеніемъ объема глубокихъ частей земли, вслѣдствіе чего наружная оболочка, стремясь къ непосредственному соприкосновенію съ ними, и образуетъ складки. Отсюда ясно, что для объясненія складокъ нѣтъ необходимости искать какой-либо особой силы, дѣйствующей въ горизонтальномъ направленіи, но что и въ этомъ случаѣ нарушеніе сводится къ дѣйствію земной тяжести: каждая часть земной коры можетъ быть разсматриваема какъ куполъ; въ куполахъ же дѣйствіе тяжести выражается боковымъ давленіемъ на составляющія его части. Такимъ образомъ происхожденіе складокъ, сдвиговъ и сбросовъ сводится къ дѣйствію одной и той же силы, — земной тяжести, которая проявляется такъ или иначе въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Посмотримъ, насколько согласуется такое объясненіе съ фактами.

Первымъ условіемъ для проявленія тяжести въ формѣ того или иного нарушенія является исчезновеніе опоры у верхнихъ слоевъ земной коры. Какимъ образомъ происходитъ это исчезновеніе — вопросъ, который разными изслѣдователями рѣшается не одинаково. Одно время главную роль въ этомъ процессѣ приписывали водѣ, циркулирующей въ глубокихъ частяхъ земной коры; предполагали, что она, размывая горныя породы, способствуетъ образованію пустотъ, которыми въ свою очередь объясняется осѣданіе земной коры. Опускаясь все глубже, сброшенные массивы подвергаются боковому давленію, которое производитъ на нихъ края впадины и вслѣдствіе этого въ нихъ появляются складки. Однако, такое объясненіе складчатыхъ горъ нельзя

считать удовлетворительнымъ. По этой гипотезѣ горы должны располагаться въ углубленіяхъ между двумя высокими плоскогоріями. Но строеніе Альпъ не соотвѣтствуетъ этому предположенію; большіе хребты ихъ выдвигаются надъ всею окрестною мѣстностью, и предположить, что они лежатъ на днѣ впадины, прямо невозможно.

Остается только одно возможное объясненіе: повидимому, всѣ нарушенія въ земной корѣ являются слѣдствіемъ *постепеннаго охлажденія земли.* Мы знаемъ, что наша планета находилась нѣкогда въ расплавленномъ состояніи и вслѣдствіе охлажденія отвердѣла. Довольно трудно предположить, что внутри земли существуютъ газообразныя или жидкія массы; земная кора, вѣроятно, очень толста, и внутри земли господствуетъ чрезвычайно высокая температура: по всей вѣроятности, она значительно превосходитъ точку плавленія всѣхъ горныхъ породъ (при давленіи въ одну атмосферу). Такое накаленное ядро земли, безъ сомнѣнія, должно охлаждаться и испытывать извѣстное сокращеніе объема; вслѣдствіе этого и должны произойти въ корѣ складки и сбросы.

Противъ такого объясненія дѣлались извѣстныя возраженія: указывали, что при охлажденіи расплавленнаго шара, находящагося въ холодномъ пространствѣ, должны происходить явленія иного рода. Прежде всего охладится наружная оболочка; образующаяся кора будетъ сокращаться сильнѣе внутреннихъ частей шара и покроется трещинами, которыя по направленію книзу будутъ съуживаться; въ болѣе поздній періодъ, когда поверхность земли приняла температуру окружающаго пространства и только въ глубинахъ сохранила сильный жаръ, переходящій за точку плавленія всѣхъ горныхъ породъ (при давленіи одной атмосферы), тогда должно было начаться охлажденіе исключительно внутреннихъ частей ея. Указывали даже, что при благопріятныхъ условіяхъ могутъ совсѣмъ закрыться трещины, происшедшія въ болѣе ранній періодъ охлажденія. Однако, такое объясненіе совершенно неправильно. Трудно допустить, что на землѣ еще и теперь обнажается гдѣ-нибудь первоначальная кора: она покрыта мощною оболочкою осадочныхъ и изверженныхъ породъ, которыя должны были давно заполнить первоначальныя трещины.

На поверхности всей земли только тонкій слой горныхъ породъ мѣняетъ свою температуру въ зависимости отъ смѣны тепла и холода въ зимнее и лѣтнее время; подъ нимъ располагается слой, обладающій постоянною среднею температурою почвы данной мѣстности, и, какъ мы увидимъ ниже, такое же распредѣленіе температуры, вѣроятно, существовало уже въ палеозойскую эру. Теплота, теряемая путемъ лучеиспусканія, при посредствѣ вулканическихъ изверженій и горячихъ ключей исходитъ изъ глубокихъ частей земного шара; изъ этого же источника черпаютъ свою теплоту и вновь образующіеся осадки, температура которыхъ, какъ мы знаемъ, увеличивается съ глубиною. Въ виду этихъ фактовъ не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что въ глубинахъ земного шара происходитъ сокращеніе объема; въ верхнихъ же областяхъ земной коры температура и объемъ остаются неизмѣнными или даже возрастаютъ. Съ другой стороны, внутреннія массы земли извлекаются на поверхность при вулканическихъ изверженіяхъ: вслѣдствіе этого должно происходить также сокращеніе объема внутренняго ядра, хотя и въ незначительной степени.

Нельзя, конечно, сомнѣваться, что въ силу указанныхъ причинъ должно было возникнуть боковое напряженіе. Но когда приходится объяснять отдѣльныя проявленія этого давленія и указывать ихъ ближайшія причины, выступаетъ цѣлый рядъ затрудненій. Возникшее въ верхнихъ слояхъ земной коры напряженіе постепенно растетъ и мало по малу преодолѣваетъ сопротивленіе горныхъ породъ; появляются тре-

щины, но это еще не ведетъ къ образованію сбросовъ: отдѣльные участки растрескавшейся земной коры могутъ держаться на мѣстѣ такъ же, какъ кирпичи въ искусственномъ сводѣ. Связность послѣдняго можетъ нарушиться только вслѣдствіе сильнаго боковаго сжатія, которое раздавитъ сводъ и вызоветъ образованіе складокъ (какъ, напр., въ Юрѣ), или же произведетъ вертикальное перемѣщеніе, сопровождаемое складками, гораздо рѣже — безъ складокъ; въ обоихъ послѣднихъ случаяхъ одинъ изъ краевъ передвинутаго массива приподнимется и образуетъ крутые обрывы, какъ это мы наблюдаемъ въ горахъ, одна сторона которыхъ образована древними кристаллическими породами, между тѣмъ какъ другая представляетъ систему постепенно убывающихъ складокъ (напр., Карпаты). Вслѣдствіе такихъ нарушеній напряженіе свода ослабѣваетъ, и въ тѣхъ частяхъ его, гдѣ не было складокъ, могутъ произойти осѣданія отдѣльныхъ участковъ. Такимъ образомъ и возникаютъ у внутренняго края горъ области опусканія, которыя, какъ мы знаемъ, сопровождаются вулканами.

Процессы, происходящіе въ земной корѣ вслѣдствіе сжатія внутренняго ядра, выражаются движеніемъ ея массъ по направленію кверху: если въ горизонтальномъ пластѣ образуются складки, то, очевидно, бедра ихъ будутъ лежать выше, чѣмъ лежали до нарушенія. Такимъ образомъ и выдвигаются складчатыя горы, высоко поднимающіяся надъ окружающею ихъ мѣстностью.

Подобныя явленія могутъ имѣть мѣсто и при сбросахъ. Представимъ себѣ горизонтальную систему пластовъ, часть которой начинаетъ осѣдать. Прежде чѣмъ образуется трещина пласты могутъ согнуться. Когда цѣлость послѣднихъ нарушится и по происшедшей трещинѣ станетъ опускаться одна изъ разъединенныхъ частей системы, — тогда край приподнятаго крыла можетъ снова вернуться въ горизонтальное положеніе или, по крайней мѣрѣ, приблизиться къ нему. Такое явленіе, очевидно, будетъ сопровождаться движеніемъ вверхъ. У линій большихъ сбросовъ новѣйшія морскія отложенія очень часто лежатъ значительно выше уровня океана. Весьма возможно, что такое явленіе должно быть объяснено описаннымъ сейчасъ процессомъ. Точно также и выступы, которые мы находимъ на краяхъ трещины Танганайки, относятся, вѣроятно, къ этой же группѣ явленій.

Поднятія въ родѣ описанныхъ во всякомъ случаѣ должны быть разсматриваемы какъ явленія второстепенныя. Но при опусканіи однихъ частей земной коры, можетъ происходить и непосредственное выдвиганіе другихъ. Если стать на точку зрѣнія господствующей теоріи и допустить, что подъ твердою земною корою располагается слой огненножидкой магмы, то гидростатическое давленіе, развивающееся при осѣданіи массивовъ, можетъ приподнять небольшіе выступы, расположенные между двумя областями опусканія: для этого только необходимо, чтобы трещины, по которымъ происходитъ сбросъ, сходились по направленію книзу. Гидростатическое давленіе должно усиливаться еще боковымъ давленіемъ твердыхъ массъ, и вслѣдствіе этого въ клинообразныхъ выступахъ земной коры могутъ даже образоваться плоскіе антиклинальные изгибы.

Дѣлались попытки выразить цифрами *величину сжатія,* происшедшаго при образованіи тѣхъ или другихъ складчатыхъ горъ. Такъ, напр. вычислено, что при образованіи Юры площадь составляющихъ ея породъ сократилась на $^1/_5$, а при образованіи Альпъ сокращеніе достигаетъ $^1/_2$ первоначальнаго протяженія. Еще сильнѣе было сжатіе при образованіи древнихъ складчатыхъ горъ въ окрестностяхъ Христіаніи. Дальнѣйшимъ слѣдствіемъ образованія складокъ является сокращеніе объема земли и

уменьшеніе ея радіуса; величина того и другого можетъ быть тоже опредѣлена. *Геймъ* нашелъ, что при образованіи складчатыхъ горъ, расположенныхъ на меридіанѣ центральныхъ Альпъ, радіусъ земли уменьшился приблизительно на 57 км. Если допустить, что на протяженіи каждаго большого круга степень складчатости одинакова, то число это показываетъ вообще величину сокращенія земного радіуса вслѣдствіе образованія горъ. Можетъ быть, оно слишкомъ велико и, весьма вѣроятно, что мы не имѣемъ еще достаточно прочной почвы для такихъ вычисленій: результаты послѣднихъ должны быть принимаемы съ большою осторожностью; но какова бы то ни была точность полученныхъ цифръ, онѣ во всякомъ случаѣ показываютъ, что боковое давленіе, возникшее при сокращеніи земли, было настолько велико, что дѣйствительно могло привести къ образованію высочайшихъ горъ.

Основная идея теоріи горообразованія, созданной въ самое послѣднее время *Дана, Зюссомъ* и *Геймомъ*, должна быть признана достаточно обоснованной, но нельзя не сознаться, что эта теорія еще не можетъ объяснить многихъ явленій. Мы видѣли, что въ извѣстныхъ частяхъ земной коры, какъ, напр., въ альпійской системѣ, происходитъ повторное образованіе складокъ въ различные періоды жизни земли; наоборотъ въ странахъ, расположенныхъ къ сѣверу отъ Альпъ, мы находимъ только древнѣйшія складки; въ позднѣйшія же эпохи массивы этихъ странъ оказываютъ задерживающее вліяніе на развитіе альпійскихъ складокъ и отмѣчаютъ границу, до которой послѣднія могли простираться. Далѣе, мы знаемъ, что въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ горами западной и средней Европы располагается огромная Русская равнина, которая уже со временъ кембрійскаго періода не испытывала никакихъ нарушеній. Насколько мы можемъ судить, складчатыя горы всегда выдвигаются на днѣ моря и никогда не появляются на материкахъ; процессы ихъ образованія относятся къ палеозойской эрѣ, къ концу мѣлового и къ третичному періоду; наоборотъ, намъ не извѣстны примѣры горообразованія въ древнѣйшіе періоды мезозойской эры. Такимъ образомъ складчатыя горы появляются въ извѣстное время и въ извѣстныхъ мѣстахъ. Между тѣмъ боковое давленіе, возникшее вслѣдствіе сокращенія земли, не можетъ дѣйствовать въ одномъ направленіи и не дѣйствовать въ другомъ; не можетъ быть оно пріурочено и къ извѣстному времени. Если такое предпочтительное образованіе складокъ въ извѣстное время и въ извѣстныхъ мѣстахъ мы будемъ объяснять первоначальнымъ различіемъ частей земной коры и предположимъ, что горы образовались въ мѣстахъ наименьшаго сопротивленія, то и тогда встрѣтимъ цѣлый рядъ другихъ трудностей.

Можно было бы думать, что существованіе сильнаго бокового давленія въ земной корѣ должно повлечь за собою замыканіе вулканическихъ трещинъ. Однако, эти трещины не только наблюдаются въ настоящее время, но, повидимому, служатъ мѣстомъ изверженій въ теченіи долгаго времени и существуютъ уже не одинъ геологическій періодъ. Такое противорѣчіе, казалось бы, можно устранить предположеніемъ, что трещины раскрывались и закрывались періодически. Многія наблюденія надъ вулканическими жилами дѣлаютъ это предположеніе весьма вѣроятнымъ: процессъ тѣмъ болѣе возможенъ, что трещины могутъ быть разсматриваемы, какъ линіи наименьшаго сопротивленія. Тѣмъ не менѣе и въ этомъ вопросѣ сказывается слабая сторона *теоріи сокращенія*. Такимъ образомъ неутомимыя стремленія ученыхъ придумать новыя формы для этой теоріи и пополнить ее новою группировкою наблюденій не увѣнчались успѣхомъ.

Указывали и другую причину бокового давленія въ земной корѣ. *Меллардъ-Ридъ* (Mellard-Reade), основатель такъ называемой *термической* теоріи горообразованія, отводитъ сокращенію коры второстепенную роль и видитъ главную причину образованія складокъ въ повышеніи температуры верхняго слоя земного шара, вслѣдствіе чего происходитъ увеличеніе объема той или другой части земной коры. Основаніемъ этой теоріи служитъ тотъ фактъ, что складчатыя цѣпи сосредоточиваются въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ пласты горныхъ породъ достигаютъ наибольшей мощности. Этотъ поразительный фактъ наблюдается, дѣйствительно, въ Гималаяхъ, въ Аппалахскихъ горахъ, гдѣ мощность пластовъ достигаетъ, по крайней мѣрѣ, 10,000—12,000 м., въ Скалистыхъ горахъ въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ мощность пластовъ около 18,000 м.; наконецъ, и въ Альпахъ пласты достигаютъ чрезвычайно большой мощности, въ особенности по сравненію съ остальною Европой. Цѣлый рядъ данныхъ говоритъ за то, что эти мощныя образованія отложились отчасти въ мелкихъ, отчасти въ глубокихъ частяхъ моря совершенно такъ же, какъ и теперь глубоководныя отложенія встрѣчаются на ряду съ коралловыми рифами, которые растутъ только вблизи поверхности моря. Такіе мощные мелководные пласты могли образоваться только въ томъ случаѣ, если по мѣрѣ ихъ отложенія постепенно поднимался уровень моря или же постепенно опускалось морское дно. Первое изъ этихъ условій большинствомъ изслѣдователей считается мало вѣроятнымъ; они предполагаютъ, что складчатыя цѣпи образовались въ длинныхъ и глубокихъ областяхъ опусканія. *Дана* называетъ такія глубокія впадины *геосинклиналями*. Новообразовавшіяся породы, которыя заполнили эти области опусканія, должны были нагрѣться; какъ показываютъ изслѣдованія надъ распредѣленіемъ теплоты въ земной корѣ, на каждые 33 м. происходитъ повышеніе температуры на 1^0 Ц. (см. стр. 125). Само собою разумѣется, что такое нагрѣваніе породъ должно было сопровождаться ихъ расширеніемъ; такъ какъ ихъ массы не могли передвигаться въ стороны и въ глубину, то должно было произойти движеніе вверхъ, сопровождавшееся образованіемъ складокъ. Такимъ образомъ на мѣстѣ геосинклинали должна была образоваться выпуклость, такъ называемая *геантиклиналь*. Вслѣдствіе образованія складокъ должны были произойти трещины; заполнившая послѣднія вулканическая магма должна была повысить температуру осадочныхъ породъ и усилить процессъ.

Такова въ краткихъ словахъ главная мысль термической теоріи горообразованія. Процессы, на которые она ссылается, безъ сомнѣнія существуютъ въ дѣйствительности, и появленіе складокъ въ періодъ, непосредственно послѣдовавшій за временемъ образованія осадочныхъ породъ, служитъ важнымъ ея подтвержденіемъ. Вопросъ только въ томъ, достаточно ли происходящаго нагрѣванія, чтобы могли образоваться такія огромныя складки и перебросы, какія мы встрѣчаемъ въ природѣ. Возможность этого доказывали путемъ вычисленія и опыта и указывали, что образованіе складокъ могло сосредоточиваться въ мѣстахъ наименьшаго сопротивленія; но во всякомъ случаѣ всѣ эти разсужденія лишены сколько нибудь прочныхъ основаній. По термической гипотезѣ повышеніе температуры и увеличеніе объема породъ происходитъ уже послѣ отложенія ихъ, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ этотъ процессъ долженъ былъ совершаться постепенно, по мѣрѣ образованія пластовъ. Въ опроверженіе этого предполагали, что нагрѣваніе совершалось медленнѣе, чѣмъ осажденіе породъ; для этого надо было бы допустить или, что пласты отлагались чрезвычайно быстро, или же, что нагрѣваніе ихъ происходило очень медленно; но ни

первое, ни второе предположеніе не имѣетъ подъ собою никакой почвы; во всякомъ случаѣ часть теплоты должна была бы пропадать, не выражаясь образованіемъ складокъ, такъ какъ повышеніе температуры начинается безъ сомнѣнія еще въ то время, когда осадки не представляютъ сплошной массы и когда, слѣдовательно, возможно движеніе ихъ частицъ въ стороны. Наконецъ, когда процессъ вступитъ въ ту стадію, когда станетъ происходить дѣйствительное расширеніе, то послѣднее прежде всего отразится на болѣе глубокихъ слояхъ и потомъ на болѣе поверхностныхъ. Такимъ образомъ можно было бы прослѣдить постепенное движеніе складокъ по направленію вверхъ. Между тѣмъ ничего подобнаго мы не находимъ въ дѣйствительности: наоборотъ, складки захватили всѣ пласты одновременно и равномѣрно. Но и другое изъ основныхъ положеній термической гипотезы не достаточно обосновано: съ одной стороны мы встрѣчаемъ такія горы, въ которыхъ мощность пластовъ не достигаетъ особенно большой величины, каковы, напр., Карпаты; съ другой стороны — извѣстны чрезвычайно мощные свиты пластовъ, располагающіеся горизонтально, безъ всякихъ слѣдовъ складчатости; таковы, напр., угленосные пласты Гондваны въ Остъ-Индіи, въ 4000—7000 м. мощностью. Такія исключенія необъяснимы съ точки зрѣнія термической гипотезы.

Затрудненія, которыя встрѣчала теорія при объясненіи складчатыхъ цѣпей, пытались устранить слѣдующимъ образомъ: предполагали, что процессъ расширенія, приведшій къ образованію горъ, происходилъ въ тѣхъ пластахъ, которые располагались на *наклонной* поверхности. Такое допущеніе справедливо по отношенію къ большинству прибрежныхъ отложеній; здѣсь то, какъ полагали, и были приподняты осадочные пласты, — сильнѣе всего тамъ, гдѣ мощность ихъ наибольшая, т.-е. вблизи берега. Вслѣдствіе этого первоначальный наклонъ увеличился, пласты стали скользить по направленію внизъ, и сгибаться въ складки. Такимъ образомъ складчатыя горы должны были развиваться по направленію отъ материка къ приморскимъ низменностямъ. Нельзя, конечно, сомнѣваться, что рыхлыя прибрежныя отложенія (глины и пески) могутъ образовать складки вслѣдствіе скольженія по наклонной плоскости, особенно во время сильныхъ землетрясеній, которыя также принимались въ расчетъ разсматриваемой гипотезой; невѣроятно только, и даже совсѣмъ невозможно. образованіе клинообразныхъ внѣдреній твердыхъ горныхъ породъ, вродѣ тѣхъ, какія мы видѣли у сѣвернаго края Финстерааргорна; необъяснимы съ этой точки зрѣнія и тѣ огромные перебросы, о которыхъ мы говорили выше.

Въ виду приведенныхъ соображеній трудно предположить, что складчатыя горныя цѣпи образовались вслѣдствіе расширенія отъ теплоты. Но, допустивъ, что послѣдній процессъ дѣйствовалъ долговременно и постепенно, мы можемъ предположить, что этимъ путемъ были приподняты системы слоевъ во всей ихъ массѣ, или образовались плоскія антиклинальныя изогнутія, сначала въ верхнихъ, а потомъ и въ нижнихъ слояхъ. Въ послѣднее время разсматриваемая гипотеза пріобрѣла много сторонниковъ; было между прочимъ указано, что и *пониженіе температуры* въ тѣхъ или иныхъ частяхъ земной коры можетъ способствовать образованію мѣстныхъ нарушеній въ литосферѣ.

Такое пониженіе температуры можетъ имѣть мѣсто, напр., въ томъ случаѣ, когда мощный ледяной покровъ одѣваетъ тотъ или иной участокъ земной поверхности, какъ это и случилось въ дилювіальную эпоху вслѣдствіе чрезвычайнаго развитія полярныхъ льдовъ. Въ покрытой льдомъ области геоизотермы должны упасть.

горныя породы сожмутся и земная кора осядетъ. Наоборотъ, исчезновеніе ледянаго покрова приведетъ къ повышенію геоизотермы, слѣдствіемъ чего явится расширеніе, а затѣмъ и поднятіе данной области. Если будутъ понижены или совсѣмъ смыты горныя массы, то также произойдетъ паденіе геоизотермъ; такимъ образомъ процессы размыванія материковъ должны сопровождаться осѣданіемъ земной поверхности.

Къ совершенно другому заключенію приводятъ гипотезы, которыя основываются на предположеніи извѣстнаго *равновѣсія* въ земной корѣ. Накопленіе новообразующихся отложеній ведетъ, какъ думаютъ сторонники этой теоріи, къ осѣданіямъ земной коры, а разрушеніе и удаленіе существующихъ массъ къ поднятію. Такимъ образомъ расширеніе отъ теплоты противодѣйствуетъ осѣданію, которое должно было бы произойти вслѣдствіе накопленія осадковъ, и наоборотъ. Само собою разумѣется, что оба эти процесса не исключаютъ другъ друга и конечный результатъ зависитъ оттого, который изъ этихъ двухъ дѣятелей возьметъ перевѣсъ. Что касается ледниковыхъ покрововъ, то по теоріи равновѣсія, появленіе ихъ ведетъ къ тѣмъ же послѣдствіямъ, которыя предусматриваются термическою гипотезою: осѣданія вслѣдствіе пониженія температуры подъ ледянымъ покровомъ усиливаются, благодаря накопленію массъ льда; точно также при отступаніи ледниковъ должно происходить поднятіе.

Въ самое послѣднее время теорія равновѣсія была представлена *Дуттономъ* въ совершенно новомъ освѣщеніи. Исходной точкой его служили наблюденія надъ такъ называемою компенсаціей массъ въ земной корѣ. Въ одной изъ предыдущихъ главъ (стр. 117 и 135) мы видѣли, что притяженіе материковъ уничтожается уменьшеніемъ плотности нижележащихъ массъ; наоборотъ, на днѣ моря должно происходить уплотненіе земной коры. Вслѣдствіе такого распредѣленія массъ въ земной корѣ, устанавливается извѣстное равновѣсіе, которое *Дуттонъ* называетъ *„изостазіей“*. Всюду, гдѣ отлагаются новые осадки или разрушаются прежде существовавшія горы, изостатическое равновѣсіе нарушается. Вслѣдствіе малой упругости земной коры новое равновѣсіе установится не сразу: чтобы преодолѣть сопротивленіе твердыхъ массъ, изостатическія силы должны достигнуть извѣстнаго напряженія. Пояснимъ это примѣромъ. Представимъ себѣ длинный и узкій прибрежный поясъ, гдѣ въ теченіи долгихъ геологическихъ періодовъ накопляются осадки; мощность послѣднихъ будетъ служить мѣрою силы, отягощающей земную кору. Степень же смыванія на сосѣднемъ материкѣ опредѣляетъ величину другой противоположной силы. Обѣ эти силы постепенно растутъ и съ теченіемъ времени должны увеличиться настолько, что будутъ въ состояніи преодолѣть сопротивленіе земной коры; въ этотъ только моментъ и можетъ установиться новое изостатическое равновѣсіе. Направленіе возникающаго движенія зависитъ, конечно, отъ распредѣленія сопротивленія: процессъ направится въ ту сторону, гдѣ оно всего меньше. Такъ какъ на ближайшемъ материкѣ вслѣдствіе разрушенія его твердыхъ массъ развивается изостатическое движеніе вверхъ, то наименьшее сопротивленіе будетъ по направленію къ сушѣ: вслѣдствіе этого произойдетъ горизонтальное движеніе отягощеннаго осадками морского дна по направленію къ материку. Такое движеніе по мнѣнію Дуттона обладаетъ достаточной силой для того, чтобы образовать длинныя и мощныя складки, которыя выступаютъ въ видѣ параллельныхъ хребтовъ на краяхъ материковъ.

Между изостатической и термической гипотезами существуетъ близкая связь. Каждая изъ нихъ предполагаетъ возможнымъ образованіе складокъ только въ чрезвычайно мощныхъ пластахъ; обѣ гипотезы оправдываются тѣмъ, что и въ природѣ

складки возникаютъ непосредственно послѣ отложенія пластовъ. По мнѣнію *Дуттона*, около существующихъ цѣпей должны группироваться новыя горы по параллельнымъ направленіямъ; такъ какъ такое именно расположеніе мы и наблюдаемъ въ новѣйшихъ складчатыхъ горахъ, то изостатическая гипотеза получаетъ какъ бы новое подтвержденіе. Съ другой стороны тѣ явленія, которыя не согласовались съ теоріей сокращенія удовлетворительно объяснены остроумной теоріей *Дуттона;* но при ближайшемъ разслѣдованіи и эта теорія не можетъ быть окончательно принята: противъ нея можно сдѣлать тѣ же возраженія, которыя мы приводили выше, говоря о гипотезѣ *Дана:* извѣстны мощныя свиты пластовъ, не сопровождающіяся складками, съ другой стороны слои, захваченные складками, не всегда обладаютъ большою мощностью. Далѣе намъ уже извѣстно, что въ верхне-мѣловую эпоху и третичный періодъ происходили повторныя образованія складокъ. Мощность пластовъ, отложившихся въ промежутокъ времени между этими двумя эпохами образованія складчатыхъ горъ, значительно уступаетъ мощности пластовъ, образовавшихся съ начала пермскаго періода до начала верхне-мѣловой эпохи. Если менѣе мощные пласты верхне-мѣловыхъ и третичныхъ отложеній привели къ нарушенію изостатическаго равновѣсія и образованію складокъ, то непонятно, почему въ мезозойскую эру только болѣе мощныя отложенія могли произвести тотъ же эффектъ; остается одинъ выходъ: необходимо предположить, что образованіе складокъ въ древнѣйшихъ слояхъ этой мощной свиты начались уже въ то время когда происходило еще отложеніе болѣе позднихъ пластовъ. Однако, какъ уже и упоминалось выше, не наблюдается никакого различія въ складкахъ древнѣйшихъ и новѣйшихъ породъ. Гипотеза *Дуттона* прекрасно объясняетъ явленія, которыя мы наблюдаемъ въ мощныхъ складчатыхъ горахъ западной Америки; она можетъ быть также распространена на альпійскіе пояса флиша и молассовъ; наоборотъ, слабая сторона ея тотчасъ же обнаруживается, какъ только мы попробуемъ объяснить этимъ способомъ происхожденіе складокъ въ мезозойскихъ породахъ Альпъ. Въ верхне-юрскую эпоху вся область Альпъ была покрыта моремъ и въ другіе періоды мезозойской эры центральныя цѣпи этой системы выступали изъ воды въ видѣ незначительныхъ острововъ. Бо́льшаго материка съ такими горами, разрушеніе которыхъ могло бы повести за собою образованіе складокъ, не существовало вовсе. Это однако не помѣшало появленію мезозойскихъ складчатыхъ горъ.

Наконецъ, процессы горообразованія пытались объяснить притягательной силой небесныхъ тѣлъ. Послѣднія возбуждаютъ приливныя волны, которыя ежедневно обѣгаютъ землю и противодѣйствуютъ ея вращенію. Въ настоящее время эти процессы проявляются въ слабой степени, но ихъ сила можетъ чрезвычайно возрасти, если вслѣдствіе какихъ либо причинъ измѣнится эксцентрицитетъ орбиты и усилится притягательная сила солнца. Вращательное движеніе земли вслѣдствіе этого замедлится, и центробѣжная сила уменьшится. Дальнѣйшимъ слѣдствіемъ этихъ измѣненій будетъ не только перемѣщеніе океаническихъ водъ отъ экватора къ полюсамъ, но также и извѣстное движеніе твердой земной коры въ томъ же направленіи. Послѣднему и должно быть приписано образованіе складокъ, трещинъ и другихъ тектоническихъ нарушеній. Мы не можемъ входить здѣсь въ подробное изложеніе этой гипотезы и замѣтимъ только, что оправдать ее можно было бы лишь въ томъ случаѣ, если бы во всѣхъ областяхъ, гдѣ происходили складки, было бы замѣтно движеніе послѣднихъ отъ экватора къ полюсу. Горы, идущія въ меридіанальномъ направленіи, какъ

это мы видимъ, напр., на Американскомъ материкѣ, самымъ рѣшительнымъ образомъ говорятъ противъ этой гипотезы.

Если мы оглянемся назадъ и припомнимъ, что было сказано о различныхъ теоріяхъ горооброзованія, то увидимъ слѣдующее: эти чрезвычайно трудные и во многихъ отношеніяхъ загадочные вопросы освѣщены съ новыхъ сторонъ; гипотезы послѣдняго времени съ успѣхомъ объясняютъ тѣ факты, въ примѣненіи къ которымъ теорію сокращенія должно признать неудовлетворительной. Эти гипотезы, особенно термическая и статическая, безъ сомнѣнія имѣютъ за собою извѣстную заслугу: онѣ показываютъ, какъ сложны взаимныя отношенія динамическихъ процессовъ въ земной корѣ, которые то противодѣйствуютъ другъ другу, то усиливаютъ одинъ другого; онѣ объясняютъ также, въ силу какихъ причинъ могутъ вообще происходить поднятія и опусканія континентальныхъ массъ. Съ полнымъ основаніемъ слѣдуетъ допустить, что при образованіи складчатыхъ горъ на ряду съ сокращеніемъ земной коры дѣйствовали и другіе процессы и что картина гораздо сложнѣе, чѣмъ это думали прежде. Однако, только теорія сокращенія даетъ болѣе или менѣе полное объясненіе процессовъ горообразованія и охватываетъ всю совокупность сопровождающихъ ихъ явленій; не только появленіе горъ, но также явленія вулканическія и сейсмическія она сводитъ къ одной общей и основной причинѣ — къ постепенному охлажденію и сокращенію земли. Это и сообщаетъ ей наибольшую степень вѣроятности.

Продолжительность горообразованія.

Во всѣ прежніе геологическіе періоды происходили измѣненія въ расположеніи массъ земли. Самъ собою является вопросъ, *дѣйствуютъ ли теперь* силы, выдвинувшія нѣкогда современныя намъ горы? Мы не имѣемъ ни одного историческаго извѣстія о подобныхъ явленіяхъ, ни одна горная цѣпь не появилась въ послѣтретичное время; но было бы слишкомъ поспѣшно дѣлать отсюда заключеніе, что массовыя движенія временно или окончательно прекратились. Мы можемъ съ полнымъ основаніемъ утверждать, что отдѣльныя котловины, какъ, напр., впадина южной части Эгейскаго моря, образовались уже по окончаніи третичнаго періода, именно въ дилювіальную эпоху. Что же касается складчатыхъ горъ и другихъ нарушеній напластованія, то можно думать, что эти процессы продолжаются и въ настоящую минуту; эти движенія совершаются чрезвычайно медленно, и послѣдстія ихъ не могутъ обнаружиться въ теченіи короткаго времени; можетъ быть, ихъ удалось бы подмѣтить, предпринявъ самыя широкія нивеллировки въ различныхъ мѣстностяхъ и продолжая ихъ, по крайней мѣрѣ, лѣтъ 100. Но въ настоящее время въ нашемъ распоряженіи имѣются только одиночные факты. Такъ, напр., тригонометрическія измѣренія, производившіяся въ теченіи болѣе чѣмъ 30 лѣтъ показываютъ, что гора Легернъ приблизилась къ горамъ Риги и Напфу на одинъ метръ. Однако, по самымъ послѣднимъ даннымъ, различіе цифръ слѣдуетъ объяснить неточностью прежнихъ измѣреній. Точно также нельзя вполнѣ утверждать, что въ послѣ-дилювіальныхъ отложеніяхъ не происходило нарушеній. Послѣднія наблюдаются нерѣдко въ этихъ рыхлыхъ наносахъ, но обыкновенно приписываются мѣстнымъ оползнямъ, однако нѣтъ никакихъ основаній распространять это объясненіе на всѣ случаи, и очень многія изъ такихъ нарушеній можно приписать горообразую-

щимъ силамъ. Посѣднее предположеніе весьма вѣроятно въ примѣненіи къ большимъ ступенчатымъ сбросамъ въ осадкахъ дилювіальнаго озера Бонненвиль въ Великой Котловинѣ Сѣверной Америки: это — нарушенія, наблюдающіяся какъ разъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ проходитъ мощный продольный сбросъ, отдѣляющій горы Уасачъ отъ Великой Котловины. Точно также извѣстны сбросы въ дилювіальныхъ образованіяхъ острова Рюгена (Рана), гдѣ они захватываютъ даже нижележащіе мѣловые пласты

Существованіе горизонтальнаго напряженія, которое постепенно приводитъ къ тектоническимъ движеніямъ, доказывается мѣстными явленіями въ каменоломняхъ. Въ Америкѣ наблюдали, что большія плиты горныхъ породъ, вынутыя изъ системы пластовъ, нѣсколько расширяются: онѣ становятся длиннѣе той пустоты, которая остается на мѣстѣ ихъ первоначальнаго залеганія. Такія же наблюденія были сдѣланы въ гранитныхъ ломкахъ Маутгаузена въ верхней Австріи. Въ одной изъ каменоломенъ окрестностей Чикаго, заложенныхъ въ пластахъ силурійскихъ породъ, былъ обнаженъ глубоко залегающій слой: тотчасъ послѣ обнаженія онъ согнулся въ чрезвычайно плоскую складку, которая тянулась на протяженіи 800 фут. и обладала высотою въ 6 дюймовъ; на мѣстѣ перегиба она дала трещину. Къ этой же группѣ явленій слѣдуетъ отнести замѣчательную сѣдлообразную выпуклость каменистой почвы въ Висконсинѣ, упоминаемую Картеромъ.

Къ этимъ фактамъ слѣдуетъ пріобщить еще рядъ чрезвычайно важныхъ наблюденій. Выше уже указывалось, что вулканы и землетрясенія стоятъ въ извѣстной связи съ направленіемъ горныхъ хребтовъ. Если мы остановимся подробнѣе на этомъ предметѣ, то найдемъ слѣды несомнѣнно продолжающихся измѣненій. Уже бѣглое знакомство съ географическимъ распредѣленіемъ наиболѣе сильныхъ землетрясеній и наиболѣе значительныхъ вулкановъ указываетъ на существованіе внутренней связи между этими явленіями и процессами горообразованія; какъ было упомянуто выше, они сосредоточиваются главнымъ образомъ на окраинахъ областей опусканія и у склоновъ горъ. Эти факты указываютъ намъ правильный путь. Не можетъ быть сомнѣнія, что трещины возникаютъ подъ вліяніемъ грандіозныхъ силъ, нарушающихъ цѣлость горныхъ породъ, и что осѣданія и горизонтальныя движенія массъ по линіямъ сбросовъ, а также образованіе складокъ должны сопровождаться сотрясеніями почвы. Если даже эти процессы совершаются чрезвычайно медленно, они не могутъ протекать постепенно и равномѣрно безъ сопровожденія землетрясеній. Въ теченіи извѣстнаго времени можетъ наблюдаться полное спокойствіе: напряженіе должно накопиться, чтобы преодолѣть то треніе, которое препятствуетъ дальнѣйшему движенію. Такимъ образомъ движенія массъ происходятъ какъ бы скачками; проявленіемъ ихъ, непосредственно нами ощущаемымъ, являются землетрясенія; весьма возможно, что на землѣ происходили гораздо болѣе сильныя сотрясенія почвы, чѣмъ тѣ, о которыхъ сообщаетъ намъ исторія за короткій періодъ ея существованія.

Мы, конечно, говоримъ не о тѣхъ землетрясеніяхъ, которыя происходятъ вслѣдствіе вулканическихъ взрывовъ и вслѣдствіе выщелачиванія залегающихъ въ глубинѣ породъ, а о той группѣ сейсмическихъ явленій, которыя мы выше назвали тектоническими. Ближайшее изслѣдованіе вопроса должно показать намъ, что эти землетрясенія служатъ отдѣльными проявленіями продолжающихся еще теперь горообразующихъ процессовъ. Во многихъ случаяхъ удалось свести землетрясенія къ извѣстнымъ линіямъ сбросовъ, — даже болѣе, — такія трещины, какъ было описано выше, появляются на глазахъ людей.

То же самое слѣдуетъ сказать и о вулканахъ. Мы видѣли, что ихъ дѣятельность объясняется чрезвычайно высокимъ давленіемъ, которое, быть можетъ, производится осѣдающими массивами и во всякомъ случаѣ стоитъ въ связи съ постепеннымъ охлажденіемъ земного ядра и съ движеніями, происходящими вслѣдствіе этого въ земной корѣ. Такимъ образомъ возникновеніе огнедышащихъ горъ и изверженія ихъ указываютъ на дѣйствіе горообразующихъ силъ и въ настоящее время.

Связь землетрясеній съ строеніемъ горъ.

Благодаря землетрясеніямъ и вулканамъ, мы пріобрѣтаемъ возможность непосредственно ощущать проявленія горообразующихъ процессовъ. Отсюда можно думать, что ближайшее изслѣдованіе связи между этими явленіями позволитъ намъ нѣсколько уяснить сущность горообразованія. Постараемся здѣсь на нѣсколькихъ частныхъ примѣрахъ познакомиться съ тѣми соотношеніями, которыя существуютъ между горообразующими процессами сейсмическими и вулканическими явленіями и которыя были впервые выяснены во всей ихъ полнотѣ *Зюссомъ*.

Въ Нижней Австріи часто случаются землетрясенія; обыкновенно они выражаются слабо и толькс въ отдѣльныхъ случаяхъ, какъ, напр., въ 1590 г. носили угрожающій характеръ. Если мы станемъ сравнивать области этихъ землетрясеній, то найдемъ, что всѣ онѣ вытянуты съ юга на сѣверъ, по направленію, приблизительно перпендикулярному къ простиранію Альпъ: землетрясенія всего чаще распространяются здѣсь по опредѣленнымъ *линіямъ, которыя стоятъ въ тѣсной связи съ строеніемъ горъ*. Какъ мы видѣли выше, около города Вѣны непрерывность альпійской системы нарушается большимъ котлообразнымъ сбросомъ, западная граница котораго отчетливо обнаруживается въ окраинѣ Вѣнскаго бассейна, отъ Вѣны до Глоггница. Вдоль этой линіи располагаются горячіе ключи у Мейдлинга, Бадена, Фёслау и др.; по этой же линіи, извѣстной подъ названіемъ линіи горячихъ ключей или термальной линіи (Thermenlinie) распространялись довольно многія землетрясенія.

Еще чаще распространяются землетрясенія по другой линіи. *Зюссъ* назвалъ ее *Кампскою линіею* (Kamplinie, — по долинѣ р. Кампы). Линія эта начинается у края Вѣнской котловины, недалеко отъ Вѣнскаго Нейштадта, и направляется отсюда къ сѣверо-сѣверо-западу въ горы. Она пересѣкаетъ известняковыя Альпы, поясъ флиша и пріальпійскую равнину. Сейсмическіе удары, исходящіе изъ этой линіи, распространяются въ томъ же направленіи и въ Чешскомъ массивѣ, гдѣ они первоначально слѣдуютъ теченію рѣки Кампы. Волны этихъ землетрясеній чувствуются на значительномъ разстояніи къ сѣверу, иногда даже достигаютъ Дрездена. Наиболѣе сильные удары происходятъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ Кампская линія выходитъ изъ Альпъ, т.-е. у сѣвернаго края пояса альпійскихъ песчаниковъ, недалеко отъ Альтленгбаха, или же на югѣ, гдѣ эта линія подходитъ къ Вѣнской котловинѣ и соприкасается съ линіей горячихъ ключей, т.-е. вблизи Вѣнскаго Нейштадта.

На картѣ 261 отмѣчены главныя сейсмическія явленія въ нижней Австріи, а также границы Альпъ, равнины и Чешскаго массива; здѣсь нанесена и область сильнѣйшихъ сотрясеній во время землетрясенія 3 января 1873 г., наиболѣе характернаго для Кампской линіи. Центръ, гдѣ произошли поврежденія зданій, располагается въ этомъ случаѣ, какъ и во многихъ другихъ, въ томъ мѣстѣ, гдѣ Кампская линія вы-

ходитъ у Альтленгбаха изъ Альпъ въ равнину; отсюда землетрясеніе распространялось по прямой линіи въ области Чешскаго массива, на сѣверо-сѣверо-западъ и почти достигало на юго-юго-востокѣ края Вѣнской котловины На ряду съ этимъ главнымъ направленіемъ слѣдуетъ отмѣтить другое, перпендикулярное предыдущему: благодаря этому область землетрясенія обладаетъ формою креста. Тамъ, гдѣ линія ударовъ выходитъ изъ Альпъ въ равнину, область сотрясеній расширяется: повидимому, рыхлыя породы равнины представляли сейсмической волнѣ менѣе сопротивленія, чѣмъ твердыя породы горъ или Чешскаго массива.

Мы не можемъ здѣсь распространяться подробнѣе о землетрясеніяхъ вдоль кампской линіи: достаточно одного примѣра, чтобы обрисовать ихъ линейное распространеніе. Для насъ особенно важно рѣшить вопросъ, въ какой связи стоятъ эти явленія съ строеніемъ горъ. Благодаря изслѣдованіямъ *Битнера* въ Нижней Австріи, доказано, что кампская линія, почти перпендикулярная къ простиранію горъ, принадлежитъ къ числу такъ называемыхъ *поперечныхъ* сбросовыхъ линій; съ другой стороны былъ отмѣченъ рядъ дислокацій, которыя, простираясь параллельно кампской линіи, имѣютъ въ этой мѣстности чрезвычайно большое значеніе и во многихъ мѣстахъ достигаютъ линіи горячихъ ключей. *Битнеръ* указываетъ, что болѣе значительные горячіе ключи располагаются, какъ разъ на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ термальную линію пересѣкаютъ проходящія въ сѣверо-западномъ направленіи поперечныя трещины. Поэтому и сейсмическіе удары на вѣнской линіи горячихъ ключей должны стоять въ связи съ этими поперечными линіями. Къ западу отъ кампской линіи землетрясенія въ Нижней Австріи распространяются также отъ Шейббса въ направленіи поперечномъ относительно простиранія горъ; удары, исходящіе отсюда, чувствуются на далекомъ разстояніи въ Чешскомъ массивѣ.

Кромѣ сѣверо-восточныхъ Альпъ, подобныя землетрясенія наблюдаются и въ другихъ мѣстахъ. Во время землетрясенія въ Силлейнѣ (Жилинѣ) 15 января 1858 г. въ верхней части долины Вага въ Карпатахъ наблюдались почти тѣ же явленія, съ которыми мы познакомились, говоря о кампской линіи. Это землетрясеніе также распространялось по поперечнымъ трещинамъ и достигало на сѣверѣ даже Бреславля. Землетрясеніе въ Беллуно 1873 г. въ южныхъ Альпахъ распространялось тоже по линіямъ поперечныхъ сбросовъ. Наконецъ, страшныя землетрясенія въ Фокидѣ, опустошившія эту мѣстность въ 1870 г., по всей вѣроятности, стоятъ въ связи съ большой поперечной трещиной, которая можетъ быть прослѣжена отъ сѣвернаго края Этолійскихъ озеръ до Дельфійской котловины, у впадины Коринѳскаго залива дислокація кончается: здѣсь то и произошли въ 1870 г. наиболѣе сильныя сотрясенія. Типичнымъ примѣромъ *поперечнаго* или *сдвиговаго землетрясенія* (Querbeben, Blattbeben) можетъ служить землетрясеніе въ Андалузіи. Французскіе изслѣдователи показали, что Батскіе Кордильеры разбиваются тремя поперечными трещинами на нѣсколько самостоятельныхъ частей, каковы: Сіерра де-Ронда, Сіерра-Техада, Сіерра-Невада и Сіерра-де-Баца. Если эти дислокаціонныя линіи продолжить по обѣ стороны цѣпи, то линія Гуадикса встрѣтитъ вулканическій массивъ Кабо де-Гата, линія Малаги — вулканическій островъ Альборанъ, линія же Мотриля пересѣчетъ эпицентръ землетрясенія 25 декабря 1884 г. Къ числу поперечныхъ (сдвиговыхъ) землетрясеній слѣдуетъ отнести и землетрясеніе въ Японіи 1891 г. (см. рис. 228), распространявшееся по трещинѣ Нео, которая должна быть названа поперечной, хотя направляется подъ острымъ угломъ къ простиранію горъ.

Нѣсколько рѣже наблюдаются, (что, можетъ быть, зависитъ и отъ трудности изслѣдованія), такъ называемыя *продольныя* землетрясенія (Longitudinalbeben, по Зюссу — Wechselbeben). Сюда относятся: Бельгійское землетрясеніе 23 февраля 1828 года — которое охватывало чрезвычайно большую площадь, но не обладало особенно большою силой. Оно распространялось согласно простиранію каменноугольныхъ образованій и совпадало съ большой южной трещиной (Faille du Midi). Грозное землетрясеніе въ Вѣрномъ распространялось по продольной трещинѣ между гранитами и кристаллическими сланцами Заилійскаго Алатау; впрочемъ, нельзя совершенно отрицать, что въ теченіи двухлѣтняго періода этого землетрясенія не происходило колебаній и вдоль поперечныхъ трещинъ. Наиболѣе яркимъ примѣромъ продольнаго землетрясенія можетъ служить землетрясеніе въ Калифорніи 1872 г.; оно распространялось отъ средняго до западнаго обрыва Сіерры, т. е. проникало въ глубь южной Калифорніи, и на протяженіи всей этой длинной площади, достигающей приблизительно 450 километровъ, чувствовалось почти одновременно. Большой сбросъ можно было прослѣдить на протяженіи 60 км.; мѣстами его восточное крыло опустилось на 2—6 м. Къ этой же группѣ относится землетрясеніе, распространявшееся по линіи р. Мюрца (см. карта 261), а также землетрясенія въ Швейцаріи у южнаго подножія Юры, а также въ области Верхняго Рейна и Верхней Роны, нѣкоторыя изъ землетрясеній, происходившихъ у подножія южно-американскихъ Андъ и, наконецъ, нѣкоторыя изъ японскихъ землетрясеній.

Всѣ до сихъ поръ разсмотрѣнныя тектоническія землетрясенія происходятъ вслѣдствіе *горизонтальныхъ* напряженій земной коры (вслѣдствіе образованія сдвиговъ). Совсѣмъ иную картину представляютъ землетрясенія, стоящія въ связи съ перемѣщеніями въ *вертикальномъ направленіи*, т.-е. со сбросами. Какъ мы знаемъ, на краяхъ областей опусканія и даже по серединѣ ихъ располагаются нерѣдко вулканы. „Здѣсь выступаетъ вопросъ, гдѣ лежитъ граница между тектоническими и вулканическими землетрясеніями. Теоретически онъ рѣшается просто, такъ какъ вулканическими землетрясеніями можно назвать только тѣ, которыя сопровождаются изверженіями. Но въ природѣ ихъ не такъ легко отграничить: процессъ изверженія распадается на цѣлый рядъ отдѣльныхъ фазъ, и землетрясенія часто распространяются по длиннымъ линіямъ: ихъ легко принять за тектоническія, между тѣмъ это только одна изъ стадій изверженій“ *(Зюссъ)*.

Съ другой стороны, настоящія тектоническія землетрясенія часто можно принять за вулканическія. Вулканическая и сейсмическая дѣятельность далеко не вездѣ различаются такъ рѣзко, какъ въ Японіи, гдѣ трещины на внутренней сторонѣ острововъ почти исключительно сопровождаются вулканами, а землетрясенія сосредоточиваются главнымъ образомъ на складчатой наружной сторонѣ. Мы познакомимся съ явленіями, происходящими въ областяхъ опусканія, напримѣръ, въ южной Италіи, которая была изслѣдована *Зюссомъ*. Между западнымъ краемъ Калабріи и сѣвернымъ берегомъ Сициліи, находится обширная полукруглая область опусканія, заполненная моремъ; цѣлый рядъ мелкихъ котловинъ внѣдряется въ материкъ. Ее ограничиваютъ преимущественно древніе гнейсы и граниты; это остатки горъ, часть которыхъ опустилась въ море. Въ сѣверо-восточномъ углу Сициліи лежатъ древнія массы Пелоританскихъ горъ; онѣ продолжаются по другую сторону Мессинскаго пролива: въ Калабріи мы находимъ древнія горы Скилла (Шилла), Аспромонте съ Ватиканскимъ мысомъ, далѣе къ сѣверу идутъ Монте-Кокуццо и Сила (см. карта 262).

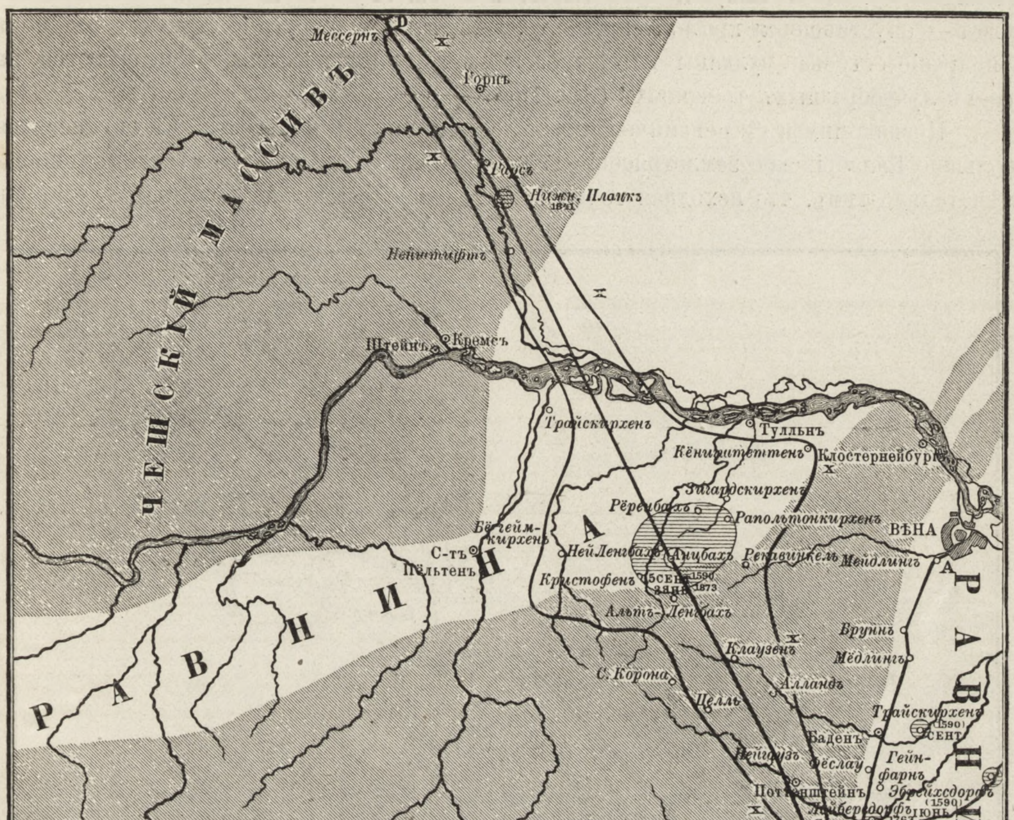


Рис. 261. Землетрясенія въ Нижней Австріи: AB) линія горячихъ ключей или термальная линія, CD) кампская линія или линія р. Кампъ, EF) линія р. Мюрца, xxx) границы главной области сотрясенія 3 января 1873 г.

Повидимому, Монте Кокуццо представляетъ сброшенную часть Силы, а Ватиканскій мысъ — опустившееся крыло Аспромонте. Въ центрѣ полукруга выступаютъ изъ моря Липарскіе острова, вулканы которыхъ, какъ мы видѣли выше, располагаются на трехъ лучеобразныхъ трещинахъ (стр. 196).

Познакомимся съ сейсмическими явленіями въ этой мѣстности. Сюда относится большое Калабрійское землетрясеніе 1783 г., длившееся нѣсколько мѣсяцевъ; оно замѣчательно тѣмъ, что исходная точка и мѣста наибольшей силы отдѣльныхъ ударовъ

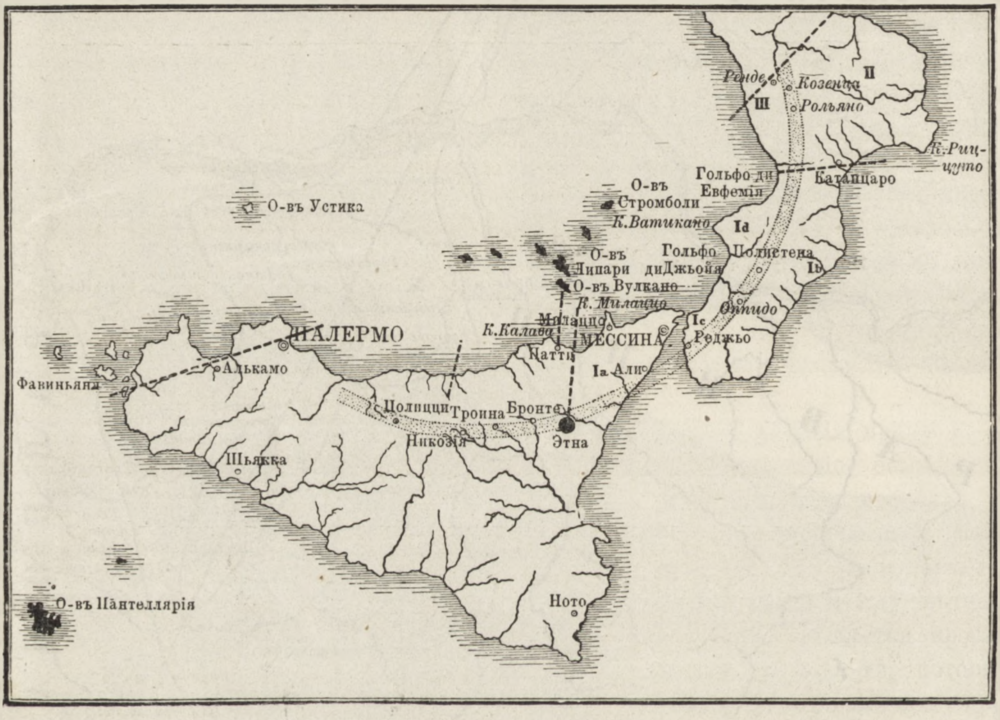


Рис. 262. Землетрясенія въ южной Италіи (по Зюссу) I a) Пелоританскія горы, I b, и c) Аспромонте и Скилла, II) Сила, III) Монте Кокуццо.

въ каждомъ случаѣ перемѣщались; всѣ они лежали, однако, на линіи, которая соотвѣтствуетъ обрыву Аспромонте. Эта линія составляетъ только часть большой дуги, вдоль которой часто распространяются землетрясенія. Она начинается на сѣверѣ впадиной между Силой и Монте Кокуццо, идетъ вдоль крутыхъ склоновъ Аспромонте и, миновавъ Мессинскій проливъ, продолжается въ Сициліи; она тамъ достигаетъ Пелоританскихъ горъ и идетъ къ Этнѣ. Дальнѣйшимъ продолженіемъ этой линіи служатъ, вѣроятно, мѣстечки Бронте и Никозія, гдѣ землетрясенія очень часты; отсюда, какъ можно думать, трещина направляется къ Мадонійскимъ горамъ, къ востоку отъ Палермо. Такимъ образомъ мѣста, гдѣ наиболѣе часто случаются землетрясенія, располагаются на дугѣ, центромъ которой служатъ Липарскіе острова. По этой линіи распространяются удары, которые, по ихъ положенію относительно области опусканія, можно назвать периферическими. По всей вѣроятности, много тысячъ лѣтъ назадъ съ внутренней стороны этой линіи располагались горы, которыя осѣли затѣмъ въ море. На ряду съ указанными особенностями можно отмѣтить еще нѣсколько другихъ. Отъ

центра Липарскихъ острововъ расходятся три трещины, на которыхъ располагаются ряды вулкановъ; одна изъ нихъ направляется на западъ въ открытое море и потому не можетъ быть прослѣжена до конца, на другой лежатъ острова Липари, Вулкано и Вулканелло; тамъ, гдѣ продолженіе этой трещины пересѣкаетъ периферическую дугу, располагается Этна. На этой линіи нерѣдко происходятъ землетрясенія, распространяющіяся отъ Липарскихъ острововъ. Третья вулканическая трещина, на которой лежитъ Стромболи, направлена на востокъ; она продолжается на полуостровѣ Калабріи и образуетъ здѣсь линію *„радіальныхъ“* землетрясеній, распространяющихся на сѣверо-востокъ. Послѣднія достигаютъ наибольшей силы въ низменности между Силой и Монте Кокуццо въ области Козенцы и часто сопровождаются повышеніемъ дѣятельности Липарскихъ вулкановъ. Кромѣ указанныхъ трещинъ, можно отмѣтить еще нѣсколько подобныхъ радіально расположенныхъ линій.

Результаты своихъ изслѣдованій *Зюссъ* выражаетъ слѣдующими словами: „Большое Калабрійское землетрясеніе 1783 г., удары котораго происходили въ разныхъ мѣстахъ периферической линіи, должно отнести къ группѣ тектоническихъ землетрясеній; его слѣдуетъ назвать *периферическимъ* въ отличіе отъ такъ называемыхъ радіальныхъ землетрясеній той-же области. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ радіальныя трещины пересѣкаются, т.-е. въ центрѣ Липарскихъ острововъ, происходятъ такъ называемыя *центральныя* землетрясенія. Можетъ случиться, что землетрясенія появятся въ разныхъ мѣстахъ области опусканія, но они будутъ распространяться неодинаково. При всѣхъ такихъ тектоническихъ землетрясеніяхъ дѣятельность вулкановъ играетъ второстепенную роль“.

На берегахъ Средиземнаго моря въ послѣднее время происходилъ рядъ землетрясеній, которыя должны быть отнесены къ группѣ тектоническихъ и которыя стоятъ въ связи съ опусканіемъ цѣлыхъ областей. Мы говоримъ о землетрясеніи въ Лигуріи 1887 г, о землетрясеніи въ Мессеніи 1886 г. и землетрясеніи въ Закинѳѣ 1893 г. Отъ западной части Крита тянется къ сѣверо-западу мимо южной оконечности Мессеніи чрезвычайно глубокій и крутой подводный обрывъ. Онъ простирается вдоль наружной стороны Іоническихъ острововъ и можетъ быть прослѣженъ въ сѣверо-сѣверо-западномъ направленіи до Корфу. Австрійская экспедиція для изслѣдованія восточной части Средиземнаго моря дала этой впадинѣ (4400 м. въ глубину) названіе впадины Пола; она отдѣляетъ Грецію отъ глубокихъ частей Іоническаго моря; вслѣдствіе осѣданія по этой огромной трещинѣ и произошли землетрясенія въ Мессеніи и Закинѳѣ *).

*) Русскія землетрясенія также пріурочиваются къ наиболѣе значительнымъ центрамъ дислокаціи. Такъ, напр., поясъ сильнѣйшихъ сотрясеній въ окрестностяхъ г. Шемахи не только во время землетрясенія 31-го мая 1859 года, изслѣдованнаго Абихомъ, но и во время почти всѣхъ другихъ прежнихъ и новѣйшихъ землетрясеній совпадалъ съ большими линіями сбросовъ, простирающимися вдоль Кавказскаго хребта отъ вершины Бабадага до Каспія. Араратскія землетрясенія, въ томъ числѣ и описанное выше землетрясеніе 20 іюня 1840 г., пріурочиваются къ линіямъ дислокаціи, совпадающимъ съ долиною р. Аракса; на этихъ трещинахъ расположенъ и самый Араратъ. Связь вулканомъ съ тектоническими нарушеніями видна и въ другихъ мѣстахъ Кавказа: такъ, въ сейсмической области Эрзерума, гдѣ землетрясеніе 21 мая 1859 г. было, кажется, поперечнымъ (ось его распространенія направляется поперекъ простиранія горъ), лежитъ потухшій вулканъ Палентёкенъ. Что касается Байкальскихъ землетрясеній, то въ виду недостатка изслѣдованій и почти полной неизвѣстности самыхъ дислокацій, нельзя высказать опредѣленное сужденіе, но тѣмъ не менѣе связь ихъ съ процессами горообразованія можетъ предугадываться съ довольно большимъ вѣроятіемъ. Они распространяются, повидимому, вдоль тѣхъ большихъ ступеньчатыхъ сбросовъ (700—1400 ф.), которые ограничиваютъ западно-сибирскую низменность и

Тектоническія землетрясенія, какъ мы только-что видѣли, отличаются большимъ разнообразіемъ. Изученіе особенностей, которыми характеризуется то или другое землетрясеніе въ связи съ строеніемъ мѣстности, можетъ отчасти уяснить эти явленія. Но и въ настоящее время несомнѣнно, что вулканы и землетрясенія являются слабымъ проявленіемъ тѣхъ дислокаціонныхъ процессовъ, — образованія сбросовъ и складокъ, — которые продолжаются еще и въ настоящее время.

Географическія гомологіи.

Изслѣдованіе горообразующихъ процессовъ позволяетъ намъ объяснить только происхожденіе отдѣльныхъ частей материковъ и ихъ рельефъ. Но рельефъ всей нашей планеты создается въ главныхъ чертахъ чередованіемъ материковъ и большихъ морскихъ водоемовъ; образованіе тѣхъ и другихъ принадлежитъ къ самымъ труднымъ вопросамъ во всей геологіи. Нельзя не указать, что и въ этой области нѣтъ недостатка въ смѣлыхъ гипотезахъ, но онѣ представляютъ только самую первую попытку объясненія, и явленія, о которыхъ мы будемъ сейчасъ говорить, остаются загадочными до сихъ поръ.

Распредѣленіе материковъ и морей извѣстно: въ сѣверномъ полушаріи сосредоточиваются главныя массы суши, въ южномъ — преобладаетъ вода. Наибольшая глубина океана выражается цифрами, которыя немногимъ уступаютъ высотѣ величайшихъ горъ земли. Къ востоку отъ Японіи лотъ достигъ дна на глубинѣ 8400 м.; между тѣмъ высочайшая изъ всѣхъ измѣренныхъ до сихъ поръ горъ Гауризанкаръ въ Гималаяхъ поднимается на 8840 м. Такимъ образомъ разстояніе между самыми высокими вершинами земли и дномъ глубочайшихъ впадинъ достигаетъ 17240 м. Но если глубина океана и высота горъ выражаются въ предѣлѣ приблизительно одинаковыми цыфрами, то это еще не значитъ, что континентальныя массы вообще настолько же поднимаются надъ уровнемъ моря, насколько опускается подъ нимъ дно океана. Если отъ крайнихъ цыфръ мы перейдемъ къ среднимъ величинамъ, то увидимъ, что между дномъ океана и поверхностью суши существуетъ значительное различіе. На материкахъ мы находимъ только немного одинокихъ вершинъ, которыя поднимаются на значительную высоту. Наоборотъ, дно моря, если только не считать крутыхъ обрывовъ вблизи береговъ его, всюду представляетъ какъ бы равнину; и если мы въ дѣйствительности наблюдаемъ значительныя различія въ глубинахъ, то переходъ совершается постепенно. Отсюда не удивительно, что въ среднемъ материки поднимаются надъ уровнемъ моря только на 440 м., а средняя глубина океана достигаетъ 3440 м.

Нѣсколько разъ дѣлались попытки найти въ *рельефѣ и очертаніяхъ материковъ общія черты*, — установить такъ называемыя „географическія гомологіи“.

которые были прослѣжены г. Черскимъ. Любопытно, что по этимъ же линіямъ, опредѣленнымъ еще далеко не полно, изливались и вулканическія породы. Наконецъ, Туркестанскія землетрясенія, — Бѣловодское 22 іюля 1885 г. и подробно изслѣдованное Вѣрненское землетрясеніе 28 мая 1887 г., стоятъ въ связи съ дислокаціею Тянь-Шаня. Какъ уже упоминалось, ихъ эпицентръ совпадалъ съ большими продольными сбросами на сѣверномъ склонѣ Александровскаго хребта и Заилійскаго Алатау

Прим. перев.

Если бы удалось разрѣшить эту задачу и доказать, что сходство материковъ вызывается общими причинами, то можно было бы надѣяться, что полученные выводы позволятъ судить и о происхожденіи материковъ. Однако, всѣ попытки сравненій стоятъ на слишкомъ непрочной почвѣ, и строить на нихъ дальнѣйшіе выводы нѣтъ возможности.

Сходство материковъ прежде всего выражается тѣмъ, что *на двухъ противоположныхъ сторонахъ ихъ располагаются складчатыя горы,* при чемъ высочайшая сопровождаетъ берегъ болѣе значительнаго океана; въ серединѣ между цѣпями лежатъ впадины; наиболѣе низкія цѣпи часто отдѣляются отъ берега новѣйшими наносами. Такъ, напр., въ Южной Америкѣ, на западѣ у берега Тихаго океана располагаются Анды, на востокѣ Бразильская горная страна и дальше Бразильская низменность; въ Сѣверной Америкѣ, на западѣ мы находимъ хребетъ Сіерра-Невада, а на востокѣ — Аллеганскія горы, которыя отдѣляются отъ океана узкою низменностью. Въ Азіи—на югѣ располагаются огромные уступы Гималаевъ и Куэнь-Луня, на сѣверѣ Алтайскія горы, и далѣе за ними вплоть до береговъ Ледовитаго океана простирается Сибирская равнина. Но стоитъ только ближе присмотрѣться къ рельефу материковъ, чтобы видѣть, что вышеприведенное положеніе оправдывается далеко не во всѣхъ случаяхъ. Если мы раздѣлимъ Южную Америку не такъ, какъ это обыкновенно дѣлается, т.-е. если мы проведемъ линію не отъ Андовъ Боливіи на востокъ, а подъ экваторомъ или южнѣе Аргентины, то горная цѣпь останется только на западѣ, на востокѣ же, вплоть до самаго моря будетъ простираться непрерывная равнина. Въ Сѣверной Америкѣ положеніе Скалистыхъ горъ, лежащихъ вдали отъ берега, также не соотвѣтствуетъ этому гадательному закону. Далѣе, если мы въ Азіи проведемъ линію не черезъ меридіанъ устья Ганга, а черезъ Индостанъ или черезъ меридіанъ Мерва, то по обѣимъ сторонамъ этой линіи получится далеко не сходная картина. Въ Европѣ мы находимъ цѣлый рядъ несогласій съ этимъ мнимымъ правиломъ, что же касается Африки и Австраліи, то всякія попытки отыскать здѣсь даже отдаленное сходство со схемой совершенно произвольны При такихъ условіяхъ нельзя, конечно, говорить объ общемъ законѣ. Несомнѣнно, что горныя цѣпи располагаются часто на берегу моря, но это является только простымъ слѣдствіемъ той близкой связи, которая существуетъ между образованіемъ горъ и областей опусканія.

Кромѣ этого, видѣли сходство материковъ въ томъ, что *большинство ихъ обладаетъ заостренной формой и съуженнымъ концомъ направляется на югъ;* дѣйствительно, стоитъ бросить бѣглый взглядъ на глобусъ или на карту, чтобы убѣдиться, что Сѣверная и Южная Америка, Гренландія, Африка, Индостанъ, Австралія съ Тасманіей, дѣйствительно, обладаютъ этой формой.

Но и этому поразительному на первый взглядъ сходству нельзя придавать серьезнаго значенія. Очертанія материковъ мѣняются съ теченіемъ геологическихъ эпохъ, а потому нельзя руководиться тѣми формами, которыя мы наблюдаемъ въ настоящее время. Весьма вѣроятно, что въ началѣ третичнаго періода, по крайней мѣрѣ, Африка и Индостанъ обладали иными очертаніями. Но самое главное возраженіе заключается въ слѣдующемъ: геологическіе дѣятели, подъ вліяніемъ которыхъ произошло клинообразное заостреніе материковъ къ югу, были въ отдѣльныхъ случаяхъ не одинаковы.

Попытка объяснить это явленіе скопленіемъ водъ въ южномъ полушаріи безусловно неудовлетворительна, такъ какъ и подводныя части материковъ обладаютъ тою

же формой. Причину явленія слѣдуетъ искать въ тѣхъ силахъ, которыя сообщаютъ сушѣ извѣстный обликъ, т.-е. въ тектоническихъ процессахъ. Если мы обратимся къ уясненію той зависимости, которая существуетъ между *направленіемъ береговой линіи* и геологическимъ строеніемъ, то найдемъ два типа береговъ, которые, какъ указалъ это Зюссъ, отличаются не только происхожденіемъ, но и распространеніемъ. Весь западный берегъ Америки отъ мыса Горна до Аляски съ небольшимъ перерывомъ въ области Панамскаго перешейка опредѣляется простираніемъ огромныхъ гор-

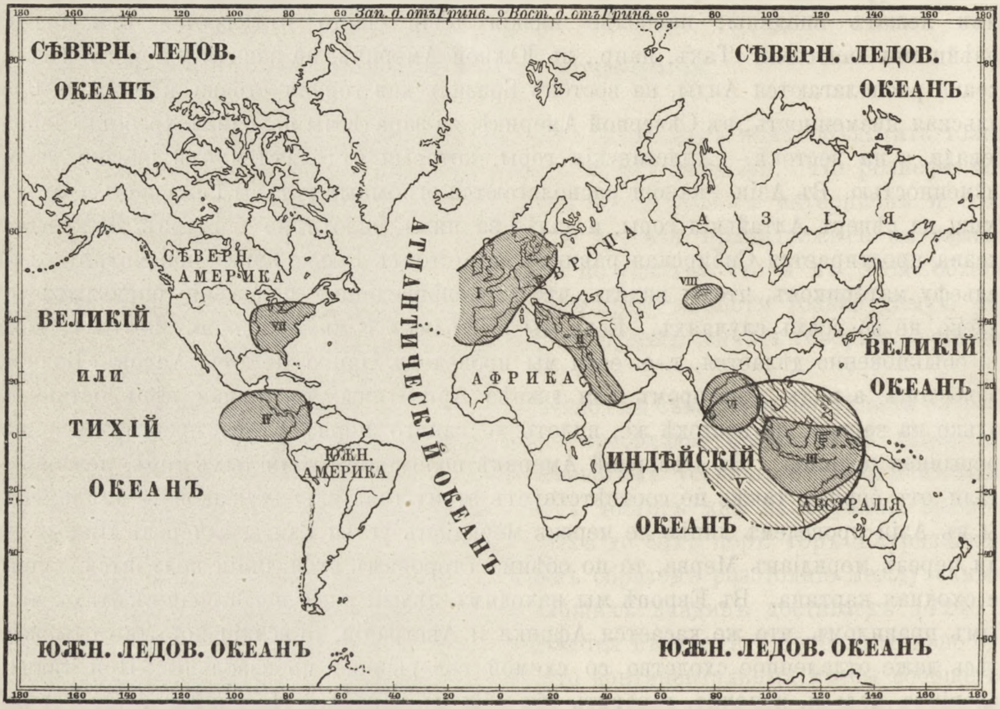


Рис. 263. Карта распространенія „тихоокеанскихъ“ и „атлантическихъ“ береговъ.

ныхъ цѣпей, которыя обрамляютъ всюду западный край Тихаго океана. Въ сѣверо-западномъ углу происходитъ измѣненіе. Аляска и рядъ Алеутскихъ острововъ являются самымъ сѣвернымъ изъ тѣхъ вулканическихъ рядовъ, которые, располагаясь на наружномъ краю котловинъ, представляютъ горныя цѣпи съ вулканами и которыя ограничиваютъ Тихій океанъ на сѣверѣ и вдоль азіатскаго берега. Такимъ образомъ восточныя, сѣверныя и западныя края Великаго океана стоятъ въ тѣсной связи съ направленіемъ большихъ тектоническихъ линій. Этотъ типъ береговъ *Зюссъ* назвалъ *„тихоокеанскимъ“*. Онъ не ограничивается только указанною областью, но распространяется и далѣе: юго-западная граница Малайскаго архипелага и западный берегъ Индо-Китая, вплоть до устьевъ Брамапутры и Ганга, принадлежатъ къ тихо-океанскому типу. По другую сторону этой огромной дельты, т.-е. въ Индостанѣ, характеръ берега мѣняется, но въ Персидскомъ заливѣ и въ большой части Средиземнаго моря направленіе береговой линіи опредѣляется опять простираніемъ горныхъ цѣпей. Берега Сиріи, Малой Азіи, Балканскаго полуострова и Италіи, отчасти Испаніи и сѣверной Африки принадлежатъ къ тихоокеанскому типу.

Совершенную противоположность представляетъ Атлантическій океанъ: только небольшая часть берега Испаніи у Гибралтара и Кордильеры Антильскихъ островов принадлежатъ къ тихоокеанскому типу. Но на всемъ остальномъ протяженіи разсматриваемаго океана не замѣчается никакого сходства между направленіемъ берега и горныхъ хребтовъ. Весь западный берегъ Африки, Испаніи, Франціи, Англіи, Скандинавскаго полуострова, Гренландіи, весь восточный берегъ Америки, за исключеніемъ Антильскихъ острововъ, не обнаруживаютъ указанной выше связи съ тектоническими линіями, наоборотъ, послѣднія пересѣкаются береговой линіей. Этотъ типъ береговъ носитъ названіе *„атлантическаго"*. Кромѣ указанной выше области, сюда относятся: восточный берегъ Африки, южный берегъ Аравіи, берега Индостана, Австраліи, а также, вѣроятно, сѣверные берега Азіи и Сѣверной Америки (см. карта рис. 263) *).

Не смотря на указанное различіе, берега того и другого типа образуютъ клинообразныя заостренія, обращенныя на югъ. Ясно, что происхожденіе послѣднихъ не можетъ быть сведено къ одной общей причинѣ.

Перемѣщеніе береговой линіи.

Различіе между тихоокеанскимъ и атлантическимъ типами береговъ имѣетъ гораздо большее значеніе, чѣмъ можно думать на основаніи сказаннаго до сихъ поръ. Всюду, гдѣ господствуетъ первый изъ этихъ типовъ, границы между моремъ и сушей опредѣлены недавно происходившими тектоническими движеніями земной коры. Хотя послѣднее сохраняетъ свою справедливость и по отношенію къ нѣкоторымъ мѣстностямъ съ атлантическимъ типомъ береговъ, но тамъ направленіе береговой линіи опредѣляется всюду поперечными дислокаціями. Во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что границы материковъ сильно измѣнялись, благодаря самымъ недавнимъ проявленіямъ горообразующихъ силъ. Такимъ образомъ мы подходимъ къ вопросу, который былъ предметомъ разнообразныхъ обсужденій и должны будемъ рѣшить, *подлежитъ-ли распредѣленіе суши значительнымъ измѣненіямъ* или же въ главныхъ чертахъ оно остается постояннымъ.

Многіе геологи думали, что материки не измѣнялись съ самыхъ древнихъ временъ, т.-е. съ тѣхъ поръ, какъ существуетъ море. Въ этомъ взглядѣ есть извѣстная положительная сторона: самый фактъ его существованія показываетъ, что тѣ гипотезы, которыя допускали постоянное колебаніе суши и моря, недостаточно обоснованы. Геологи высказывали не мало разнообразныхъ гипотезъ, которыя допускали

---

*) Различіе „тихоокеанскаго" и „атлантическаго" типа береговъ было наглядно представлено русскимъ геологомъ *А. Карпинскимъ* на его схематической картѣ развернутаго земного шара. Если расправить глобусъ такимъ образомъ, чтобы въ центрѣ полученной плоскостной карты располагался сѣверный полюсъ, то всѣ материки расположатся въ видѣ пояса, который раздѣлитъ водную оболочку земли на два океана, — западный (Тихій или Великій) и восточный (Атлантическій). Всѣ складчатые кряжи земли представятся такимъ образомъ въ видѣ одного общаго ствола, который тянется черезъ всѣ континенты вдоль берега Великаго океана и съ правой (восточной) стороны даетъ рядъ развѣтвленій: однѣ изъ этихъ вѣтвей непосредственно присоединяются къ главному хребту, другія оторваны отъ него. Такимъ образомъ въ общемъ распредѣленіи горныхъ хребтовъ, какъ думаетъ Карпинскій, существуетъ строгая правильность. Подробности см. въ статьѣ А. Карпинскаго „О правильности въ очертаніи, распредѣленіи и строеніи континентовъ. Горн. Журн." 1888 г., т. I. *Прим. перев.*

появленіе и исчезаніе материковъ въ такихъ широкихъ размѣрахъ, въ какихъ это вовсе не могло происходить. Иногда въ ряду послѣдовательныхъ пластовъ отсутствуетъ тотъ или другой горизонтъ, находимый въ другихъ мѣстахъ: причину такой неполноты напластованія искали въ движеніяхъ морского дна, которое поднималось и дѣлалось сушею. Чтобы объяснить присутствіе одного и того же рода жуковъ на двухъ чрезвычайно удаленныхъ островахъ, не стѣснялись допускать перемѣщеніе моря на протяженіи цѣлыхъ тысячъ квадратныхъ миль. Оправдаетъ ли строгонаучное изслѣдованіе фактъ вѣковыхъ поднятій, или нѣтъ, — во всякомъ случаѣ мы можемъ высказаться только противъ такихъ смѣлыхъ допущеній.

Конечно, граница между океаномъ и сушею не могла оставаться неизмѣнною: въ этомъ насъ несомнѣнно убѣждаетъ широкое распространеніе морскихъ отложеній на поверхности материковъ. Прежде съ напряженнымъ интересомъ стремились опредѣлить крайнюю высоту, гдѣ встрѣчаются окаменѣлости морскихъ животныхъ, предполагая, что море достигало нѣкогда этого уровня. Но такой до чрезвычайности простой взглядъ не могъ быть правильнымъ; несомнѣнно, что въ большинствѣ случаевъ намъ приходится имѣть дѣло съ пластами, претерпѣвшими извѣстныя нарушенія и выдвинутыми на значительную высоту, благодаря механическимъ процессамъ горообразованія. Для опредѣленія древняго уровня моря необходимо основывать сужденія на изслѣдованіи тѣхъ пластовъ, которые располагаются горизонтально и не испытывали никакихъ нарушеній. Но и при такомъ ограниченіи мы находимъ въ глубинѣ материковъ и на значительныхъ высотахъ (до 1.800 м.) горныя породы съ кораллами, морскими ежами, корненожками и створками морскихъ раковинъ; пласты ихъ располагаются горизонтально и указываютъ такимъ образомъ, что на этихъ мѣстахъ лежало морское дно. Является вопросъ, поднялась ли суша, или отступила вода; на этотъ вопросъ отвѣчали различно, въ послѣднее время интересъ къ нему сталъ ослабѣвать, но Зюссъ снова выдвинулъ его въ своихъ изслѣдованіяхъ на первый планъ. Этотъ ученый указалъ, что при современномъ состояніи знанія вовсе не можетъ быть рѣчи о поднятіяхъ и осѣданіи суши, а также о повышеніи и пониженіи уровня океана; мы можемъ говорить только о *движеніяхъ береговой линіи.* „Положительнымъ" *Зюссъ* называетъ то движеніе берега, которое сопровождается опусканіемъ суши или повышеніемъ уровня моря, „отрицательнымъ" — обратное движеніе.

Особый интересъ представляютъ тѣ области, гдѣ движенія берега совершались въ недавнія геологическія эпохи и отчасти на памяти людей. На такихъ движеніяхъ, происходившихъ съ конца третичнаго періода, мы прежде всего и остановимся. Перемѣщеніе береговой линіи было замѣчено уже въ срединѣ прошлаго столѣтія въ Швеціи и Норвегіи: движеніе здѣсь носитъ отрицательный характеръ, т.-е. выражается повышеніемъ суши или паденіемъ морского уровня. *Линней* и *Цельзій* сдѣлали на берегу отмѣтки, чтобы слѣдить за движеніемъ; они предполагали, что причиною явленія служитъ отступаніе моря. Въ 1802 году *Плейферъ* впервые высказалъ мнѣніе, что измѣненіе береговой линіи обусловливается поднятіемъ суши, а *Леопольдъ фонъ-Бухъ*, которому неизвѣстны были взгляды его предшественника, писалъ въ 1807 году: „Равновѣсіе океана не допускаетъ паденія его уровня. Такъ какъ фактъ повышенія береговой линій въ Швеціи несомнѣненъ, то остается предположить, что Швеція медленно приподнимается".

Ученіе о медленномъ поднятіи материковъ нашло между геологами много горячихъ приверженцевъ, такъ какъ оно давало ключъ къ пониманію многихъ явленій и

прежде всего объясняло присутствіе горизонтальныхъ пластовъ морскихъ отложеній на сушѣ. Фактъ пониженія береговой линіи Скандинавскаго полуострова не оставался одинокимъ. Скоро были отмѣчены другіе случаи поднятія, происходившаго въ самое недавнее время, а съ другой стороны приводились свидѣтельства въ пользу опусканія суши въ другихъ мѣстахъ. Такимъ образомъ развивалось мало-по-малу ученіе о *вѣковыхъ колебаніяхъ суши и моря.* Въ противоположность нарушеніямъ, о которыхъ мы говорили выше, т. е. появленію складокъ и образованію трещинъ и сбросовъ, допускалось медленное движеніе вверхъ или внизъ, которое охватывало огромныя пространства и происходило вслѣдствіе гибкости земной коры безъ нарушенія ея цѣлости; думали, что въ извѣстныхъ случаяхъ большія массы материковъ находятся въ особаго рода колебательныхъ движеніяхъ, — на сѣверѣ медленно поднимаются, на югѣ опускаются, причемъ средній поясъ сохраняетъ неизмѣннымъ свой уровень. Наконецъ, было допущено, что одна и таже мѣстность періодически то поднимается, то осѣдаетъ.

Всѣ сужденія по этому чрезвычайно важному вопросу стояли на шаткой почвѣ, такъ какъ произведенныя наблюденія были слишкомъ немногочисленны и часто не заслуживали довѣрія. На ряду съ несомнѣнными фактами пользовались распространеніемъ многочисленные разсказы путешественниковъ, при этомъ къ числу поднятій относили такія явленія, которыя назывались накопленіемъ осадковъ на днѣ моря и не сопровождались поднятіемъ его. Огромныя массы раковинъ, выступающія надъ поверхностью современнаго моря и считавшіяся прежде однимъ изъ признаковъ поднятія, оказались остатками пищи прежняго населенія. Значительную часть такъ называемыхъ осѣданій объяснить можно было оползнями рыхлыхъ, песчаныхъ, глинистыхъ и т. п. массъ, происходящими и теперь въ широкихъ размѣрахъ въ дельтахъ большихъ рѣкъ. Тоже слѣдуетъ сказать о мощныхъ залежахъ лѣсныхъ почвъ или торфа, которыя состоятъ изъ растительныхъ остатковъ, и вслѣдствіе разрушенія послѣднихъ, значительно уменьшаются въ объемѣ. Наконецъ, всѣ тѣ поднятія, которыя приписывались вулканамъ, объясняются, какъ мы видѣли выше, накопленіемъ. Отсюда видно, какъ легко было впасть въ заблужденіе при опредѣленіи незначительныхъ колебаній.

Только *Зюссъ* впервые сталъ на строго-научную почву и доказалъ, что цѣлый рядъ случаевъ, которые издавна приводились, какъ примѣръ поднятія, на самомъ дѣлѣ совершенно не имѣютъ такого значенія. Сюда относятся между прочимъ извѣстныя явленія *въ храмѣ Сераписа близъ Поццуоли* на берегу Неаполитанскаго залива (см. рис. 264). Множество посѣтителей Нижней Италіи занималось изученіемъ этого замѣчательнаго храма, отъ котораго сохранились только три высокихъ вертикально стоящихъ колонны изъ массивнаго камня; на разстояніи $3^1/_2$ м. надъ поверхностью почвы онѣ не потеряли своей полировки и не испытали никакихъ поврежденій. Располагающійся далѣе поясъ въ 3 м. высотою вывѣтрился; кромѣ того, въ немъ видны ходы камнеточца или морского финика (Lithodomus dactylus), который живетъ только въ соленой водѣ. Первое упоминаніе объ этомъ храмѣ относится къ 105 г. до Р. Х.; въ 205 г. по Р. Х. онъ не обнаруживалъ накакихъ поврежденій, но позднѣе пришелъ въ ветхость; щебень, вулканическіе продукты, натечныя образованія покрыли почву до высоты $3^1/_2$ м. и, зданіе постепенно погрузилось въ море до той высоты, на которой кончаются ходы камнеточца. Колонны не могли пострадать тамъ, гдѣ онѣ были защищены щебнемъ, выше же сдѣлались жертвою морскихъ финиковъ. Періодъ медленнаго опусканія суши, какъ думали, относился къ среднимъ вѣкамъ, внезапное же под-

нятіе берега ставили въ связь съ изверженіемъ Монте-Нуово въ 1538 г. Послѣднее неоднократно оспаривалось, но по мнѣнію *Зюсса*, на которое мы указывали уже выше (стр. 181), нѣтъ основанія сомнѣваться въ справедливости ис-

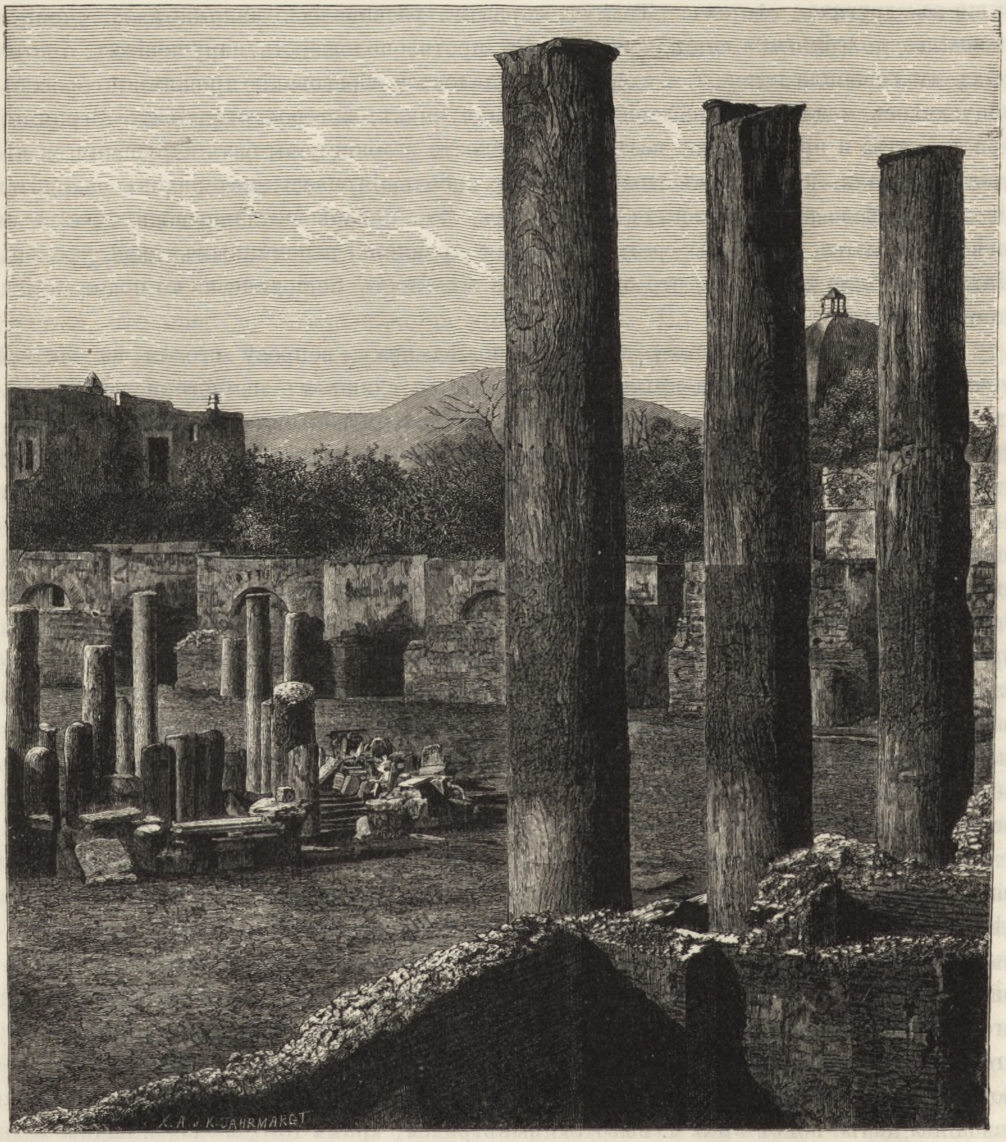


Рис. 264. *Храмъ Сераписа близъ Поццуоли.* На трехъ большихъ колоннахъ, изображенныхъ спереди, видны въ серединѣ темныя полосы, онѣ соотвѣтствуютъ мѣстамъ, гдѣ обнаружены ходы камнеточца.

торическихъ сообщеній. Первые слѣды поднятія, на основаніи извѣстныхъ документовъ, относятся уже къ началу XVI столѣтія. и это не представляетъ ничего невѣроятнаго: поднятіе берега у Пантелляріи тоже происходило съ перерывами, и начало движенія можно было отмѣтить уже за годъ до подводнаго изверженія 1891 г. (см. стр. 94). Даже теплые ключи, извѣстные подъ именемъ Ле-Кантерелле, въ древности служившіе мѣстомъ купанія и теперь еще бьющіе позади

храма на прежнемъ мѣстѣ, не отвергаютъ факта поднятія: мы знаемъ, что и на Пантелляріи, вслѣдствіе вулканическаго поднятія этого острова, дѣятельность ключей была прервана на короткое время, но скоро они выступили на своихъ прежнихъ мѣстахъ. Точно также и опусканіе почвы у Поццуоли въ средніе вѣка трудно оспаривать, такъ какъ на берегу моря, образованномъ рыхлыми вулканическими продуктами и лежащемъ въ области напряженной вулканической дѣятельности, легко могутъ происходить оползни и осѣданія.

Ходы камнеточца въ колоннахъ храма Сераписа объяснялись и иначе. Высказывалось предположеніе, что здѣсь образовалось болото, которое было окаймлено щебнемъ и вулканическимъ пепломъ и въ которомъ жилъ камнеточецъ, произведшій разрушеніе колоннъ. Но такъ какъ присутствіе послѣдняго въ водѣ, которая обогощается солью только насчетъ размываемыхъ вулканическихъ туфовъ, невозможно, то и объясненіе это должно быть признано неправильнымъ. Точно также нельзя согласиться и съ тѣмъ мнѣніемъ, по которому въ храмѣ Сераписа находились римскія писцины (piscinae), т.-е. садки для разведенія морскихъ рыбъ. При разрытіи щебня была найдена обломанная верхняя часть четвертой колонны, въ которой также были видны многочисленные ходы камнеточца; въ нижней же части этой колонны, стоявшей въ щебнѣ, отсутствуютъ поврежденія, указывающія на болѣе высокій уровень воды. Слѣдовательно во время наступанія моря здѣсь уже присутствовалъ щебень, и ходы камнеточца не могутъ быть относимы къ той эпохѣ, когда зданіе стояло неповрежденнымъ.

Такимъ образомъ невозможно сомнѣваться, что у храма Сераписа дѣйствительно происходило повышеніе и пониженіе колебанія почвы. Но это еще не доказываетъ существованія вѣковыхъ колебаній материка: здѣсь мы имѣемъ дѣло съ незначительнымъ и быстрымъ поднятіемъ, которое не охватывало большой части суши и должно быть приписано дѣйствію вулканическихъ причинъ. По всей вѣроятности, къ этой же группѣ явленій относится и болѣе значительное поднятіе вулканическаго острова *Пальмарола*, отмѣченное въ самое послѣднее время.

Вторымъ общеизвѣстнымъ примѣромъ поднятія считался такъ называемый „Ранъ“ въ восточной части дельты Инда. Ранъ представляетъ обширную равнину съ солончаковою почвою, значительная часть ея покрыта водою. Во время сильнаго землетрясенія 1819 года на этой равнинѣ образовалась значительная терраса, поднимающаяся на 20 футовъ; этому обширному выступу, появившемуся на глазахъ людей и безъ всякаго участія ихъ, мѣстные жители дали названіе Уллахъ-Бундъ, что значитъ „Божій молъ“. Новѣйшія изслѣдованія показали, что на самомъ дѣлѣ здѣсь произошло явленіе другого рода: возвышающійся надъ равниной выступъ Уллахъ-Бундъ вовсе не испытывалъ поднятія, наоборотъ, первоначальное положеніе его сохранилось неизмѣннымъ; во время землетрясенія произошло сползаніе окололежащихъ массъ и, Уллахъ-Бундъ отмѣчаетъ ту границу, до которой оно простиралось.

То же самое слѣдуетъ сказать и о третьемъ случаѣ, т.-е. о движеніяхъ западнаго берега Южной Америки. На значительной части своего протяженія послѣдній сопровождается огромными вулканами Андовъ; чрезвычайно сильныя землетрясенія далеко не рѣдки въ этой мѣстности. Въ южной части его были отмѣчены высоко расположенныя скопленія раковинъ, террассы и береговыя линіи; это заставило думать, что разсматриваемый берегъ, подобно Норвегіи, приподнимается. Но здѣсь движеніе совершается далеко не такъ медленно и незамѣтно, какъ на Скандинавскомъ полуостровѣ. Вслѣдствіе сильныхъ землетрясеній Чилійскій берегъ неоднократно по-

высился вдругъ на нѣсколько футовъ. Такъ было въ 1822, 1835 и 1837 годахъ. Достойно вниманія, что даже самый фактъ нельзя считать вполнѣ установленнымъ. Одни путешественники — очевидцы съ такою же убѣдительностью говорятъ за поднятіе, съ какою другіе оспариваютъ этотъ фактъ. На ряду съ этимъ можно указать не мало причинъ, которыя дѣлаютъ возможнымъ ошибку. Путешественники не настолько знакомы съ страной, чтобы отмѣтить дѣйствительно происшедшія измѣненія. Мѣстные жители не обладаютъ естественно-научной подготовкой и умѣньемъ правильно вести наблюденія, а потому и ихъ показаніямъ нельзя придавать особаго значенія. Разнообразныя измѣненія могутъ происходить въ теченіи многихъ лѣтъ: такъ, напр., морская бухта можетъ мелѣть вслѣдствіе накопленія осадковъ большой рѣки; въ этомъ случаѣ море будетъ отступать, не понижая своего уровня. Когда происходитъ вдругъ сильное землетрясеніе, всѣ жители находятся въ возбужденіи, они боязливо осматриваются кругомъ и по слѣдамъ, которые оставило землетрясеніе, хотятъ узнать, не грозитъ ли оно имъ снова. Тогда имъ бросается въ глаза измѣненіе, которое происходило въ теченіи многихъ лѣтъ постепенно, и вдругъ распространяется убѣжденіе, что это измѣненіе вызвано землетрясеніемъ. Поэтому всѣми извѣстіями, которыя получаются отъ мѣстныхъ жителей, нужно пользоваться съ большою осторожностью и, если за быстрое поднятіе въ данномъ случаѣ говоритъ авторитетъ *Дарвина*, то мы еще должны рѣшить, не принужденъ ли былъ этотъ изслѣдователь воспользоваться недостаточно удовлетворительными извѣстіями.

Въ виду сказаннаго выше, огромною цѣною обладаютъ наблюденія *Филиппи*, который прожилъ въ Чили не одинъ десятокъ лѣтъ. Этотъ изслѣдователь указываетъ, что ему неизвѣстно ни одного случая поднятія въ историческій періодъ. *Зюссъ* сопоставилъ всѣ данныя о южно-американскихъ землетрясеніяхъ и пришелъ къ выводу, что ни одно изъ сообщеній о быстрыхъ поднятіяхъ не можетъ быть доказано. Любопытно, что онъ вообще говоритъ о распространеніи подобныхъ явленій въ Южной Америкѣ:

„Положимъ передъ собою карту Южной Америки и раздѣлимъ ее на четыре части посредствомъ двухъ линій: одну проведемъ съ сѣвера на югъ, тамъ, гдѣ материкъ обладаетъ наибольшей длиною, другую — съ запада на востокъ, тамъ, гдѣ его ширина тоже достигаетъ наибольшей величины. Мы увидимъ, что въ юго-западной части Южной Америки, т.-е. въ той, которая охватываетъ Чили, находятся вулканы, происходятъ землетрясенія и наблюдаются террассы; въ юго-восточной части террассы существуютъ, но нѣтъ вулкановъ, и землетрясенія случаются очень рѣдко; сѣверо-западная извѣстна своими вулканами и землетрясеніями, но въ ней не наблюдается вовсе террассъ; наконецъ, въ сѣверо-восточной бываютъ землетрясенія, но нѣтъ ни вулкановъ, ни террассъ“.

Такимъ образомъ въ настоящее время еще не доказано, что на Чилійскомъ берегу при землетрясеніяхъ происходятъ поднятія. Несомнѣнно только существованіе террассъ, которыя свидѣтельствуютъ объ отрицательномъ движеніи береговой линіи и которыя не обнаруживаютъ никакой связи съ землетрясеніями.

Доказательствомъ положительнаго движенія береговой линіи считаются подводныя борозды, которыя наблюдаютъ у устьевъ нѣкоторыхъ рѣкъ; онѣ достигаютъ значительныхъ глубинъ и составляютъ какъ бы продолженіе рѣчного русла. Такія явленія были замѣчены у устьевъ рѣкъ Сѣверной Америки. Отсюда было сдѣлано заключеніе, что въ пліоценовую эпоху, передъ наступленіемъ ледниковой, этотъ материкъ поднимался приблизительно на 1,000 м. выше, чѣмъ теперь. Отсутствіе пліоценовыхъ отложеній у бе-

реговъ Великаго и Атлантическаго океановъ говоритъ, повидимому, въ пользу этого предположенія, но такія же борозды встрѣчаются при впаденіи Рейна въ Боденское озеро и Роны — въ Женевское. Поэтому довольно трудно рѣшить, въ какой степени эти подводныя борозды могутъ служить для доказательствъ движеній берега.

Если даже оставить въ сторонѣ всѣ эти малодостовѣрные факты, а также незначительныя колебанія береговой линіи, то все таки едва ли можно оспаривать самое явленіе подниманія и опусканія морского уровня. Доказательства сильныхъ опусканій материковъ и поднятій уровня моря мы находимъ въ атоллахъ и барьерныхъ рифахъ тропическихъ морей, которые извѣстны въ большей части морей южнаго полушарія, въ Индѣйскомъ океанѣ, а также въ Атлантическомъ, по крайней мѣрѣ, въ области Вестъ-Индскихъ острововъ. Ниже мы узнаемъ, что рифовые кораллы обильно размножаются въ мелкихъ мѣстахъ, гдѣ глубина не превышаетъ 20 саженей, поэтому образованіе такихъ рифовъ, которые крутыми обрывами падаютъ на значительную глубину, возможно только въ томъ случаѣ, когда уровень моря непрерывно и медленно приподнимается, вслѣдствіе чего коралловыя постройки могутъ продолжаться все выше. Такимъ образомъ на обширной площади по обѣ стороны экватора мы находимъ несомнѣнныя доказательства поднятія моря и опусканія суши. На ряду съ этимъ въ экваторіальномъ поясѣ извѣстны нѣкоторые примѣры, свидѣтельствующіе о существованіи обратныхъ движеній: во многихъ мѣстахъ, какъ, напр., у береговъ Краснаго моря, на Цейлонѣ, на островахъ Филиппинскихъ, Багамскихъ, Никобарскихъ, Соломоновыхъ и др., извѣстны коралловые известняки, расположенные выше уровня современнаго моря. Къ сожалѣнію во многихъ случаяхъ очень трудно, даже почти невозможно рѣшить, образовались ли эти загадочныя породы въ наше время, или же онѣ относятся къ третичному періоду. Скорлупки моллюсковъ и скелеты коралловъ такъ измѣнены вслѣдствіе процессовъ разрушенія, что опредѣленіе видовъ, а слѣдовательно и геологическаго возраста, этихъ образованій чрезвычайно затруднено. Далѣе слѣдуетъ имѣть въ виду, что коралловые рифы и безъ отрицательнаго движенія береговой линіи могутъ значительно подниматься надъ уровнемъ моря: волны наносятъ на поверхность рифа обломки коралловъ и песокъ и такимъ образомъ созидаютъ значительныя возвышенія, которыя мало по малу цементируются дѣйствіемъ дождевой воды. Многіе изъ поднятыхъ рифовъ располагаются на вулканическихъ островахъ, а потому, быть можетъ, обязаны своимъ высокимъ положеніемъ вулканическимъ силамъ. Если мы исключимъ рифы, несомнѣнно относящіеся къ третичному періоду, и примемъ въ разсчетъ всевозможные источники ошибокъ, то число исключеній значительно уменьшится и поднятіе береговой линіи у экватора пріобрѣтетъ значеніе общаго факта.

Въ значительномъ отдаленіи отъ экватора, какъ въ сѣверномъ, такъ и въ южномъ полушаріи, наблюдаются явленія другого рода; здѣсь мы находимъ несомнѣнныя указанія на то, что уровень моря въ новѣйшее время опустился, а суша поднялась. Выше современной границы моря видны слѣды древняго берега: террассы въ новѣйшихъ отложеніяхъ, безчисленныя скорлупки нынѣ живущихъ морскихъ животныхъ и длинныя береговыя линіи часто въ самыхъ твердыхъ породахъ. Наиболѣе характерно выступаютъ эти явленія на Скандинавскихъ берегахъ, на Британскихъ островахъ, особенно въ ихъ сѣверной части, на Шпицбергенѣ, въ Гренландіи (см. рис. 265) и въ сѣверной части Сѣверной Америки; также явственно выражены террассы въ южной части южной Америки, въ южной Африкѣ и въ Южной Австраліи

Прекраснѣйшіе примѣры подобныхъ явленій представляетъ *Норвегія*, о которой мы и скажемъ нѣсколько подробнѣе. Въ областяхъ, которыя были нѣкогда покрыты моремъ, мы находимъ раковины двустворчатыхъ и брюхоногихъ не только въ глинахъ и пескахъ, но и въ видѣ самостоятельныхъ и огромныхъ скопленій. Можно отмѣтить до 30 такихъ раковинныхъ образованій, располагающихся вдоль склоновъ на разной высотѣ. Наиболѣе возвышенныя изъ нихъ лежатъ на высотѣ 125—155 м.,

Рис. 265. Террассы въ Иливерталикѣ въ Гренландіи. (По Натгорсту.)

а въ фіордѣ у Христіаніи даже на высотѣ 166 м. надъ современнымъ уровнемъ моря. Эти скопленія образованы сѣверными видами, которые жили въ ледниковую эпоху; наоборотъ, тѣ мели, которыя лежатъ ниже и образовались позднѣе, содержатъ формы, обитающія и теперь у береговъ Норвегіи.

Гораздо болѣе распространены *террассы* (рис. 266), но онѣ не всегда могутъ служить доказательствомъ движенія береговой линіи. На склонахъ горъ, обращенныхъ къ Атлантическому океану, террассы встрѣчаются на высотѣ до 1000 м. и болѣе, но онѣ никогда не содержатъ остатковъ морскихъ животныхъ, а потому и не могутъ служить доказательствомъ движеній береговой линіи. Такъ какъ высоко лежащія долины, гдѣ встрѣчаются эти террассы, въ настоящее время открыты по направленію книзу, то въ ледниковую эпоху здѣсь долженъ былъ происходить стокъ тающихъ льдовъ. Въ это время сѣверный ледяной покровъ простирается далеко за предѣлы Скандинавскаго полуострова. По распространенію валуновъ шведскаго краснаго гранита, унесенныхъ ледниками, слѣдуетъ, что наибольшія высоты этихъ

ледяныхъ массъ располагались на продольной оси полуострова, т.-е. къ востоку отъ современнаго водораздѣла; этотъ ледъ долженъ былъ перейти гребень горъ, чтобы достигнуть Атлантическаго берега. Въ періодъ отступанія ледниковъ водораздѣлъ освободился отъ льда раньше, чѣмъ глубокія части долинъ, открывающихся къ югу и къ востоку; ледяной покровъ заперъ устья долинъ. Образовались ледниковыя озера, въ которыхъ собирались валунныя отложенія и въ берегахъ которыхъ движущіеся

Рис. 266. Норвежскія террассы.

льды выпахали рѣзкія борозды. Благодаря своей формѣ, эти береговыя борозды получили названія сѣдалищъ „сетеровъ" (Seter). Съ другой стороны террассы разсматривались, какъ особый видъ боковыхъ моренъ, и „сетерамъ" приписывалось уже иное происхожденіе. Но какъ бы то ни было, изъ сказаннаго видно, что эти образованія не имѣютъ ничего общаго съ измѣненіями уровня моря и являются однимъ изъ послѣдствій ледниковой эпохи.

Иного рода явленія наблюдаются въ прибрежныхъ областяхъ. Береговыя линіи и террассы встрѣчаются здѣсь на различныхъ, но незначительныхъ высотахъ. Наружные берега острововъ, обращенные къ открытому морю, бѣдны такими образованіями, здѣсь даже не встрѣчается высоколежащихъ террассъ. Только внутри острововъ, въ проливахъ, ихъ отдѣляющихъ, и въ фіордахъ, изрѣзавшихъ ихъ берега, эти образованія выступаютъ въ характерномъ развитіи. Обыкновенно видна только одна горизонтальная линія, которая часто тянется на протяженіи нѣсколькихъ миль, иногда же можетъ быть прослѣжена лишь на короткомъ разстояніи.

Въ каждомъ данномъ мѣстѣ такая линія отмѣчаетъ крайнюю границу морскихъ отложеній. По направленію внутрь материка береговыя линіи направляются все выше; одни изслѣдователи утверждаютъ, что онѣ поднимаются въ видѣ лѣстницы, каждая изъ ступеней которой имѣетъ горизонтальное положеніе; по мнѣнію же другихъ, это подниманіе совершается постепенно. Наконецъ, было высказано мнѣніе, что такія террассы у береговъ фіордовъ суть не что иное, какъ слѣды отступанія ледниковъ: предполагалось, что нѣкоторые фіорды были закрыты спускавшимися въ море ледниками и превратились въ замкнутыя озера. Но такое объясненіе не можетъ быть примѣ-

Рис. 267. Развалины Игалько въ Гренландіи (по Натгорсту).

нено во всѣхъ случаяхъ, а потому можно считать установленнымъ, что въ Норвегіи со временъ ледниковой эпохи происходитъ отрицательное движеніе берега.

Нѣкоторыя явленія показываютъ, что это движеніе береговой линіи не было непрерывнымъ и равномѣрнымъ. Такой случай наблюдается, напр., въ южной части Гренландіи: весь берегъ этого острова покрытъ береговыми линіями, указывающими на прежнее высокое положеніе морского уровня. Непосредственно у современнаго берега можно, однако, найти хотя единичныя, но вполнѣ убѣдительныя доказательства того, что въ самое недавнее время уровень моря поднимался. Такъ, напримѣръ, въ Игалько-фіордѣ, недалеко отъ южной оконечности Гренландіи, подъ 60°43′ сѣв. ш. лежитъ небольшой скалистый островъ, покрывающійся во время прилива водою; въ 1777 г. *Арктандеръ* нашелъ здѣсь стѣну одного дома, которая теперь лежитъ совершенно въ водѣ (рис. 267), но на краяхъ того же фіорда *Лаубе* наблюдалъ высокія бе-

реговыя линіи, вслѣдствіе чего можно предположить, что Гренландія находится въ такъ называемомъ колебательномъ движеніи. Періоды отступанія моря прерываются мѣстнымъ и недолгимъ положительнымъ движеніемъ берега, которое, однако, не настолько значительно, чтобы могло сгладить предыдущее отрицательное движеніе. Къ числу такихъ же явленій слѣдуетъ отнести выдвинутые изъ воды коралловые рифы подъ тропиками *).

Факты, съ которыми мы познакомились, показываютъ, что и въ сѣверномъ, и въ южномъ полушаріяхъ на значительныхъ широтахъ происходитъ поднятіе суши и опусканіе моря; въ экваторіальныхъ же областяхъ преобладаетъ положительное движеніе береговой линіи; но это общее правило имѣетъ цѣлый рядъ исключеній.

Причины движенія береговой линіи.

Вопросъ о причинахъ описанныхъ движеній береговой линіи принадлежитъ къ числу самыхъ сложныхъ и запутанныхъ. Какъ мы видѣли выше, явленія, наблюдаемыя въ разныхъ мѣстахъ, могутъ быть объяснены двоякимъ образомъ,—подыманіемъ и осѣданіемъ отдѣльныхъ частей литосферы, или же колебаніями уровня моря. Не должны ли мы предположить, что въ земной корѣ происходятъ два рода массовыхъ движеній: одни приводятъ къ образованію складокъ, сбросовъ и сдвиговъ, другія же выражаются поднятіемъ и опусканіемъ цѣлыхъ материковъ. Или, можетъ быть, надо искать причину этихъ широко распространенныхъ явленій въ движеніяхъ океана?

До тѣхъ поръ, пока не удастся найти удовлетворительную причину движенія материковъ, слѣдуетъ отвѣтить утвердительно на второй изъ поставленныхъ вопросовъ. Мы не будемъ говорить о прежнихъ гипотезахъ, оказавшихся несостоятельными, и остановимся только на нѣкоторыхъ новѣйшихъ взглядахъ. Причину описанныхъ явленій искали въ кристаллизаціи аморфныхъ породъ, залегающихъ въ глубинѣ земли; такъ какъ этотъ процессъ сопровождается увеличеніемъ объема, то послѣдствіемъ его могло быть поднятіе вышележащихъ массъ. Вообще можно сомнѣваться, что эти явленія имѣютъ широкое распространеніе, но во всякомъ случаѣ ими нельзя воспользоваться для объясненія перемѣщеній береговой линіи. Съ другой стороны высказывалась догадка, что причину послѣднихъ слѣдуетъ искать въ уменьшеніи общаго количества воды на земной поверхности. Выше (стр. 89 и 90) мы уже указывали, что цѣлый рядъ процессовъ, каковы образованіе водныхъ минераловъ, просачиваніе воды въ глубину и т. п., уменьшаютъ количества воды, находящейся на поверхности земли, но, съ другой стороны, вулканы, выдѣляющіе пары, непрерывно восполняютъ потери. Поэтому нѣтъ ни малѣйшихъ основаній допускать увеличеніе или уменьшеніе количества воды на землѣ съ самыхъ древнѣйшихъ временъ, т.-е. со времени образованія первыхъ пластовъ, содержащихъ окаменѣлости. Тѣмъ затруднительнѣе объяснять этимъ гадательнымъ процессомъ такія недавнія явленія, какъ

---

*) На южномъ берегу Крыма, гдѣ Чернявскій открылъ развалины древней Діоскуріи на глубинѣ 10 метр. и на разстояніи 200 метр. отъ берега, происходитъ, повидимому, положительное движеніе морскаго уровня. Эти данныя подтверждены проф. Леваковскимъ, который наблюдалъ въ Севастопольскомъ заливѣ два подобныхъ уступа, соотвѣтствующихъ прежнимъ береговымъ террасамъ; глубина моря достигаетъ здѣсь 100 метр. *Прим. перев.*

движенія береговой линіи; если даже предположить, что количество воды непостоянно, то во всякомъ случаѣ измѣненія его настолько незначительны, что не могли бы обнаружиться въ теченіи непродолжительнаго времени.

Далѣе указывалось, что благодаря правильнымъ измѣненіямъ, которыя происходятъ вслѣдствіе эксцентричности земной орбиты и вслѣдствіе прецессіи равноденствія, то въ одномъ, то въ другомъ полушаріи наступаютъ періоды холода—*„ледниковыя эпохи“*. Благодаря этому, у одного изъ полюсовъ скопляются огромныя массы льда, которыя съ своей стороны притягиваютъ массы воды и вызываютъ движеніе ихъ въ сторону покрытаго льдомъ полушарія; при этомъ должны произойти всѣ тѣ явленія, которыя мы наблюдаемъ нынѣ въ полярныхъ странахъ. Противъ этой гипотезы говорятъ прежде всего непосредственно наблюдаемые геологическіе факты. Образованіе высоколежащихъ террассъ, какъ около сѣвернаго, такъ и около южнаго полушарія относится къ недавнему времени. И тутъ, и тамъ онѣ постепенно опускаются, приближаясь къ современному уровню моря; въ самыхъ нижнихъ террассахъ мы наблюдаемъ явленія, которыя несомнѣнно свидѣтельствуютъ, что эти террассы образовались въ эпоху, непосредственно предшествовавшую нашей. Всѣ наблюденія показываютъ, что террассы сѣвернаго и южнаго полушарій относятся къ одному и тому же времени. Между тѣмъ разбираемая гипотеза предполагаетъ, что ледниковыя эпохи, сопровождавшіяся повышеніемъ уровня воды, періодически появлялись то въ одномъ, то въ другомъ полушаріи.

Въ послѣднее время пытались доказать, что причину появленія террассъ слѣдуетъ искать въ одновременномъ оледенѣніи обоихъ полушарій. По свидѣтельству путешественниковъ, Гренландія, а также и всѣ другія большія и гористыя полярныя страны покрыты огромными ледниками, которые одѣваютъ долины и горы и образуютъ скопленія такъ называемаго *„материковаго льда“* (Inlandeis). Въ ледниковый періодъ послѣднія были гораздо грандіознѣе, чѣмъ въ настоящую минуту: какъ извѣстно, весь Скандинавскій полуостровъ былъ окованъ тогда льдомъ на подобіе современной Гренландіи; ледники, спускавшіеся отсюда, заполняли все Балтійское море, одѣвали всю сѣверо-германскую равнину вплоть до средне-германскихъ горъ. Отъ Голландіи до подножія Галицкихъ Карпатовъ и окраинъ Россіи разстилалась огромная ледяная пустыня; до этихъ же предѣловъ распространились занесенные ледниками валуны гранитовъ и слоистыхъ породъ Скандинавіи. Огромные ледники существовали тогда и въ Альпахъ; Карпаты, Исполиновыя горы, Шварцвальдъ, Вогезы, Пиринейскія горы, Кавказъ, Гималайскій хребетъ и др. представляли самостоятельные центры оледенѣнія. Британскіе острова также были покрыты льдомъ, и едва ли нужно доказывать, что такія же явленія наблюдались и въ другихъ странахъ, расположенныхъ далѣе къ сѣверу. Еще большаго развитія достигали ледники въ Сѣверной Америкѣ: льды распространялись тамъ до Нью-Іорка и области великихъ озеръ. Страны южнаго полушарія также были одѣты обширнымъ ледянымъ покровомъ.

Огромныя массы воды, необходимыя для образованія мощныхъ и широко распространенныхъ ледниковъ, были изъяты изъ моря; вслѣдствіе этого уровень послѣдняго долженъ былъ понизиться. Кромѣ того, материковый ледъ притягивалъ воду, поэтому общее пониженіе уровня моря усилилось въ экваторіальныхъ странахъ; наоборотъ, у береговъ, покрытыхъ мощными ледниками, должно было произойти относительное повышеніе уровня воды. Въ моментъ наибольшаго развитія ледниковъ, море лишилось такихъ огромныхъ количествъ воды, что береговая линія,

не смотря на притяженіе ледяныхъ массъ, лежала, вѣроятно, ниже, чѣмъ въ настоящее время. Только въ періодъ таянія ледниковъ началось повышеніе береговой линіи: уровень океана поднялся вслѣдствіе скопленія водъ, происшедшихъ отъ таянія ледниковъ, притяженіе же сохранившихся ледяныхъ массъ продолжало дѣйствовать; такимъ образомъ скоплялись всѣ благопріятныя условія для повышенія уровня моря. По мѣрѣ отступанія ледниковъ, притягательное дѣйствіе ихъ стало уменьшаться, и съ этихъ поръ началось отрицательное движеніе береговой линіи.

Нельзя сомнѣваться, что вслѣдствіе чрезвычайнаго развитія ледниковъ должны были произойти большія измѣненія моря въ горизонтальномъ направленіи; но происходило ли пониженіе уровня въ той мѣрѣ, чтобы имъ можно было объяснить наблюдаемыя явленія, еще не доказано сторонниками этой теоріи. Наоборотъ, вычисленія показали, что притяженіе ледяныхъ массъ было не настолько велико, чтобы послѣдствіемъ его могло быть различіе между современнымъ и прежнимъ уровнемъ моря. При самыхъ скромныхъ разсчетахъ мощность ледяного покрова должна была достигать 9—10 км., а эта величина значительно превосходитъ самую высокую изъ наиболѣе вѣроятныхъ цыфръ. Такимъ образомъ попытка объяснить образованіе террассъ и береговыхъ линій притяженіемъ материковаго льда должна быть признана неудачною.

Въ совершенно новомъ освѣщеніи предстали эти вопросы, благодаря Зюссу, который, какъ мы видѣли выше, впервые указалъ, что избѣжать ошибочныхъ заключеній возможно только при самомъ осторожномъ отношеніи къ свидѣтельствамъ о современныхъ поднятіяхъ и опусканіяхъ суши и моря. Зюссъ считалъ невозможнымъ строить теоріи на примѣрахъ тѣхъ незначительныхъ движеній, которыя происходили въ недавнія геологическія эпохи, а основывался на общихъ особенностяхъ строенія земли и искалъ указаній въ ея геологическомъ прошломъ. Время отъ времени вода заливаетъ значительные участки суши, происходитъ такъ называемая *„трансгрессія или наступательное движеніе моря“*. Отложенія наступающихъ морей достигаютъ иногда значительно бо́льшаго развитія, чѣмъ породы, непосредственно предшествовавшія имъ; они переходятъ далеко за границы распространенія послѣднихъ и на обширныхъ пространствахъ лежатъ на породахъ болѣе древняго возраста и часто пластуются съ ними несогласно (см. рис. 256). Въ палеозойскую эру цѣлый рядъ такихъ положительныхъ движеній береговой линіи чередовался съ отрицательными колебаніями ея; въ мезозойскую эру такія движенія достигали еще большаго развитія. Такимъ образомъ во всей сѣверной части сѣвернаго полушарія отсутствуютъ морскія нижне-юрскія (лейясовыя) образованія, и въ многихъ мѣстахъ средне- и верхне-юрскія породы пластуются несогласно на поверхности болѣе древнихъ образованій. Верхніе ярусы мѣловой системы, начиная съ сеноманскаго, обладаютъ значительно бо́льшимъ распространеніемъ, чѣмъ нижнемѣловыя отложенія: очень часто они располагаются на поверхности всѣхъ породъ, начиная съ архейскихъ и кончая юрскими, и пластуются несогласно съ ними: примѣромъ могутъ служить отложенія Шотландіи и Ирландіи. На большихъ пространствахъ въ Англіи и въ сѣверной Франціи они лежатъ правильно на нижне-мѣловыхъ пластахъ, но распространяются и за ихъ предѣлы, располагаясь непосредственно на отложеніяхъ девонскаго, тріасоваго и юрскаго періода. На всемъ Скандинавскомъ полуостровѣ, въ Саксоніи, Чехіи, въ области Регенсбурга, въ Силезіи, въ Моравіи и Галиціи нижне-мѣловыя образованія отсутствуютъ, и различныя породы верхне-мѣ-

лового возраста лежатъ на кристаллическихъ породахъ, на палеозойскихъ, тріасовыхъ и юрскихъ отложеніяхъ. Въ области Средиземнаго моря, въ Калабріи, на Балканскомъ полуостровѣ, сѣверной Африкѣ, въ Сиріи, въ Малой Азіи, на всемъ протяженіи до Афганистана и въ Индіи повторяются тѣ же явленія. То же находимъ мы въ нѣкоторыхъ областяхъ южной Африки, въ бассейнѣ р. Амура, въ Японіи, на Сахалинѣ и на Борнео. Въ восточныхъ штатахъ Сѣверной Америки отъ Техаса до Нью-Джерсея развиты только верхне-мѣловыя образованія, а нижне-мѣловыя отсутствуютъ, подобныя же отношенія встрѣчаются въ большей части западныхъ штатовъ, а также въ Мексикѣ, на Вестиндскихъ островахъ и въ Бразиліи.

Въ третичный періодъ движенія моря происходили также въ широкихъ размѣрахъ, но они носятъ болѣе сложный и запутанный характеръ. Трансгрессія моря въ Германіи, относящаяся къ олигоценовой эпохѣ, постепенное отступаніе моря съ высотъ Ирана и съ областей средней Европы до границъ современнаго Средиземнаго моря и послѣдовавшее затѣмъ расширеніе послѣдняго, вслѣдствіе мѣстныхъ осѣданій болѣе поздняго времени — вотъ главнѣйшіе примѣры движеній береговой линіи въ разсматриваемый періодъ жизни земли.

Измѣненія, стоящія въ связи съ этимъ наступательнымъ движеніемъ моря, по мнѣнію Зюсса, слишкомъ распространены и однообразны, чтобы ихъ можно было ставить въ связь съ движеніями твердыхъ частей земной коры. Такъ, напр., огромная трансгрессія въ верхне-мѣловую эпоху была, повидимому, вызвана общими физическими причинами, которыя отразились на всей поверхности земли. Эти движенія, равно какъ и тѣ незначительныя колебанія, которыя относятся къ недавнему прошлому, носили колебательный характеръ. „Насколько позволяютъ судить факты“, говоритъ *Зюссъ*, „скопленіе водъ у экватора и пониженіе ихъ уровня у полюсовъ является особенностью новѣйшихъ движеній; но это только одно изъ тѣхъ колебаній, которыя протекали въ томъ же направленіи, т.-е. выражались положительнымъ движеніемъ у экватора и отрицательнымъ у полюсовъ“.

О причинахъ такихъ періодическихъ колебаній моря, простиравшихся отъ полюсовъ до экватора, *Зюссъ* не высказывается подробно. Онъ замѣчаетъ, что искать ихъ возможно во временныхъ ускореніяхъ вращенія земли; усиливающаяся при этомъ центробѣжная сила должна вызвать движеніе водъ по направленію отъ полюсовъ къ экватору; при замедленіи вращенія земли и при уменьшеніи величины центробѣжной силы произойдетъ движеніе въ обратномъ смыслѣ. Кромѣ этихъ общихъ, но еще не достаточно изслѣдованныхъ причинъ, на положеніе уровня океана могли вліять и другія условія, отчасти мѣстнаго, отчасти общаго характера. Такъ, напр., всякое новое накопленіе массъ,—образованіе дельтъ, заполненіе осадками разныхъ водовмѣстилищъ, появленіе новыхъ горныхъ цѣпей, а также уменьшеніе массъ въ томъ или другомъ мѣстѣ, вслѣдствіе процессовъ разрушенія, должны были отражаться на уровнѣ океана. Измѣненіе климата, процессы испаренія, притокъ прѣсныхъ водъ тоже не могли оставаться безъ вліянія, особенно при сильномъ расчлененіи водовмѣстилища: по мнѣнію *Зюсса*, послѣдніе процессы положили сильный отпечатокъ на движенія Балтійскаго моря. Общія или „эйстатическія“ движенія вызывались также образованіемъ новыхъ водовмѣстилищъ и постепеннымъ накопленіемъ осадковъ. „Поверхность земной коры осѣдаетъ, и эти осѣданія отражаются на морѣ. Но въ то время, какъ осѣданія частей суши болѣе или менѣе ограничены, паденіе уровня моря, наоборотъ, распространяется на поверхность всей планеты. Такимъ образомъ возни-

каетъ общее отрицательное движеніе“ *(Зюссъ)*. Эйстатическое положительное движеніе береговой линіи обусловливается образованіемъ осадковъ. Медленно, но непрерывно океаническія впадины заполняются новообразованіями, послѣднія вытѣсняютъ воду; вслѣдствіе этого должно происходить хотя и не быстрое, но постоянное повышеніе береговой линіи.

Работы *Зюсса* пролили значительный свѣтъ на эти трудные вопросы, но не дали еще окончательнаго отвѣта. Какъ замѣчаетъ самъ *Зюссъ*, эйстатическія движенія не могутъ вполнѣ объяснить движенія береговой линіи: причины періодическихъ колебаній уровня моря остаются попрежнему неясными. Такъ какъ *Зюссъ* далъ сильный толчекъ для дальнѣйшаго изслѣдованія вопроса, то естественно было приступить къ пересмотру тѣхъ фактовъ, которые приводились, какъ доказательства вѣковыхъ поднятій суши.

Основаніемъ этого ученія служили прежде наблюденія *Браве*, произведенныя въ 1839 г. въ Альтенъ-фіордѣ, гдѣ было подмѣчено слабое повышеніе береговыхъ линій и террассъ по направленію внутрь страны. Если бы этотъ фактъ удалось подтвердить, то онъ служилъ бы важнымъ доводомъ въ пользу происшедшаго поднятія суши. Наблюденія *Браве* были провѣрены и найдены ошибочными. Но въ самое послѣднее время точныя и обширныя изслѣдованія показали, что почти всѣ извѣстныя береговыя линіи представляютъ двѣ системы и что послѣднія всюду приподнимаются по направленію внутрь материка,—нижняя система нѣсколько слабѣе верхней.

Такимъ образомъ поднятіе достигаетъ наибольшей величины вблизи оси полуострова и вершины дилювіальныхъ ледниковъ; по направленію же кнаружи оно постепенно уменьшается и на линіи, приблизительно совпадающей съ современнымъ берегомъ, дѣлается равной нулю. О величинѣ поднятія можно судить по слѣдующему примѣру: береговая линія, поднимающаяся въ южной части полуострова Сканіи только на нѣсколько метровъ, въ Христіаніи достигаетъ высоты болѣе, чѣмъ 200 м. Чрезвычайно наглядно представляетъ величину поднятія *Гееръ*: онъ соединяетъ посредствомъ линіи, такъ называемой „изанабазы“, всѣ тѣ точки, гдѣ поднятіе было одинаково. Наибольшая высота, которой достигаетъ прежній морской берегъ, равняется 260—270 м.; область поднятія почти вполнѣ совпадаетъ съ областью распространенія архейскихъ горныхъ породъ.

Особенно любопытенъ слѣдующій несомнѣнно установленный фактъ: нѣмецкіе берега, противъ Швеціи, не обнаруживаютъ никакихъ слѣдовъ прежней береговой линіи и террассъ, послѣднія неминуемо должны были бы наблюдаться, если бы причиною отрицательнаго движенія шведскаго берега было отступаніе моря; наоборотъ, отсутствіе ихъ показываетъ, что на самомъ дѣлѣ произошло поднятіе Скандинавскаго полуострова, уровень же моря остался неизмѣннымъ.

Подобныя же явленія были описаны въ Сѣверной Америкѣ. Прежнія береговыя линіи падаютъ здѣсь также къ югу по направленію къ современному берегу. Такъ, напр., древняя береговая линія и террассы, лежащія у Монреаля на высотѣ 150 м., спускаются у Ньюгэвена до 15 м. Въ области Монреаля морскія отложенія непосредственно переходятъ въ древнія террассы большихъ Канадскихъ озеръ,—Онтаріо, Эри, Мичигана, Гурона и Верхняго озера. Послѣднія отмѣчаютъ границу, до которой распространялись дилювіальные ледники. Раньше всѣ они соединялись въ одномъ огромномъ водовмѣстилищѣ; точно также и озера, расположенныя далѣе къ сѣверо-западу,—Виннипегъ, Виннипегосисъ, Манитоба представляли въ ледниковую эпоху одно

общее озеро Агассиса. Хотя эта обширная область, богатая множествомъ любопытныхъ явленій, еще вполнѣ не изслѣдована, тѣмъ не менѣе мы можемъ и теперь отмѣтить цѣлый рядъ несомнѣнно установленныхъ фактовъ. Доказано, что высокія террассы ледниковаго озера Агассиса поднимаются по направленію къ сѣверу, т.-е. отъ края ледниковой области къ ея центру, при этомъ паденіе уменьшается у болѣе низкихъ береговыхъ линій совершенно такъ-же, какъ въ Норвегіи. На южной сторонѣ озера Гуронъ террассы и береговыя линіи располагаются значительно глубже, чѣмъ на сѣверной сторонѣ, то же самое мы находимъ и у озера Онтаріо. Въ рельефѣ этой мѣстности, открытой къ югу, мы не видимъ указаній на то, какимъ образомъ прежняя котловина озера закрывалась съ южной стороны; если же уровень воды поднимался до высоты современныхъ террассъ на сѣверной сторонѣ озеръ, то нельзя считать неосновательными мнѣнія американскихъ ученыхъ, которые считаютъ вышеприведенные факты доказательствомъ происшедшаго поднятія суши. Область поднятія приблизительно совпадаетъ съ областью распространенія ледниковъ, но максимумъ поднятія лежитъ нѣсколько къ востоку отъ центра послѣдней: онъ передвинутъ по направленію къ Атлантическому океану.

Вопросъ о движеніи береговой линіи былъ разработанъ въ послѣднее время *Брюкнеромъ* и *Зигеромъ* съ *климатологической точки* зрѣнія. Поднятіе шведскаго берега Балтійскаго моря, отмѣченное уже *Линнеемъ* и *Цельзіемъ*, продолжается и теперь, необходимо было рѣшить, не является ли оно слѣдствіемъ климатическихъ условій. На уровнѣ моря отражаются климатическія колебанія: увеличеніе дождей на поверхности земли влечетъ за собою обильный притокъ къ океану прѣсной воды; вслѣдствіе этого общій вѣсъ морской воды уменьшается, и для сохраненія равновѣсія уровень долженъ подняться въ тѣхъ мѣстахъ океана, гдѣ процентное содержаніе соли въ водѣ уменьшилось; наоборотъ, въ періоды уменьшенія дождей уровень моря долженъ падать. Цѣлый рядъ незначительныхъ движеній берега долженъ быть объясненъ такимъ именно способомъ. Такъ какъ распредѣленіе дождей неравномѣрно, то можетъ случиться, что одинъ берегъ небольшого водоема будетъ опускаться, а другой подниматься — напр., нѣмецкій берегъ Балтійскаго моря можетъ обладать отрицательнымъ движеніемъ, а шведскій — положительнымъ и наоборотъ. Но такимъ образомъ можно только объяснять колебанія до 10 см. Непрерывное поднятіе морского уровня въ Швеціи и Финляндіи носитъ совсѣмъ иной характеръ. Слѣды его вовсе не замѣчаются у нѣмецкихъ береговъ, и величина движенія въ самой Швеціи и Финляндіи мѣняется въ различныхъ мѣстахъ. Въ теченіи 50 лѣтъ съ 1825 по 1875 г. отрицательное движеніе береговой линіи Стокгольма достигаетъ 19 см. (по сравненію съ нѣмецкимъ берегомъ), а въ Локо въ Финляндіи—27 см. съ 1858 до 1887 г.; съ другой стороны, береговая линія Локо въ сравненіи съ Стокгольмомъ въ теченіи 17 лѣтъ, съ 1858 по 1875 г., понизилась на 22 см. Чтобы объяснить такое различіе содержаніемъ соли въ водѣ, необходимо допустить, что послѣднее достигло у шведскихъ и финскихъ береговъ 1 процента и даже больше; между тѣмъ въ настоящее время оно немного превышаетъ $^1/_2$ процента. Отрицательныя движенія береговой линіи невозможно разсматривать, какъ послѣдствіе климатическихъ условій и уменьшенія количества соли въ морской водѣ: нельзя, конечно, оспаривать, что количество водъ, изливающихся въ море, должно быть весьма различнымъ, смотря по количеству осадковъ, но колебанія его не вліяютъ на движеніе береговой линіи: по крайней мѣрѣ внутреннія моря, уровень которыхъ дол-

женъ мѣняться въ зависимости отъ количества осадковъ, не обнаруживаютъ въ этомъ направленіи никакихъ измѣненій.

Если мы опять вернемся къ вопросу о положительномъ движеніи береговъ у экватора, то встрѣтимъ рядъ явленій, которыя не легко согласуются съ допущеніемъ общаго поднятія морскаго уровня. Ниже, въ главѣ о коралловыхъ рифахъ, мы узнаемъ, что послѣдніе въ первые моменты своего образованія являются въ видѣ такъ называемыхъ береговыхъ рифовъ; если въ теченіи долгаго времени происходитъ положительное движеніе морскаго уровня, благопріятствующее развитію коралловъ, то образуются такъ называемые барьерные рифы; послѣдней стадіей развитія ихъ являются атоллы. Если бы коралловыя постройки развивались, благодаря непрерывному и общему повышенію уровня моря у экватора, то въ сосѣднихъ мѣстностяхъ онѣ должны были бы находиться въ одинаковой стадіи развитія. Но во многихъ мѣстностяхъ, какъ, напр., въ Чагоскомъ архипелагѣ, мы встрѣчаемъ иное. Во многихъ островныхъ группахъ Тихаго океана мы находимъ переходы отъ поднявшихся рифовъ къ находящимся въ періодѣ роста, но послѣдніе не сосредоточиваются у экватора, какъ это надо было бы ожидать. Такъ какъ въ нашихъ свѣдѣніяхъ по этому вопросу имѣется еще немало пробѣловъ, то отъ окончательнаго вывода необходимо пока воздержаться; однако, на основаніи того, что уже извѣстно намъ о коралловыхъ рифахъ, скорѣе слѣдуетъ предположить существованіе неравномѣрнаго осѣданія дна, чѣмъ общаго и равномѣрнаго поднятія морского уровня: по крайней мѣрѣ, такое допущеніе лучше согласуется съ фактами.

Такимъ образомъ самыми разнообразными путями въ послѣднее время пришли къ выводу, что слѣды отрицательнаго движенія къ сѣверу и къ югу отъ экватора слѣдуетъ объяснять поднятіемъ континентальныхъ массъ, а обратное движеніе у экватора,—постепеннымъ осѣданіемъ дна. Цѣлый рядъ непредубѣжденныхъ изслѣдователей на основаніи данныхъ наблюденій привелъ къ этому выводу; наука должна была съ нимъ считаться, хотя и не могла указать *причину* такихъ поднятій. Но и въ этомъ отношеніи произошелъ переворотъ. Какъ мы уже упоминали выше, термальная и изостатическая гипотезы горообразованія не могутъ быть признаны вполнѣ удовлетворительными; тѣмъ не менѣе онѣ указываютъ, какимъ образомъ могутъ совершаться вообще медленныя поднятія огромныхъ областей материковъ. Несомнѣнно, что въ земной корѣ происходятъ термическіе и изостатическіе процессы, хотя, разумѣется, о величинѣ ихъ можно спорить. Во всякомъ случаѣ явленіе континентальныхъ поднятій теряетъ значительную часть своей загадочности, и на вопросъ, который былъ поставленъ въ началѣ этой главы, мы должны отвѣтить утвердительно, предположивъ, что въ земной корѣ дѣйствуютъ разнообразные динамическіе процессы. Въ частности, причину движеній, наблюдающихся въ Скандинавіи и Сѣверной Америкѣ, можно было бы искать въ пониженіи температуры отдѣльныхъ частей земной коры, которое, какъ упоминалось на стр. 385, должно вызывать мѣстныя движенія литосферы. Точно также нагрѣваніе новообразующихся породъ и происходящее вслѣдствіе этого расширеніе и особенно таяніе отягощающихъ земную кору материковыхъ льдовъ могутъ служить для объясненія многихъ поднятій. Совпаденіе ледниковыхъ областей съ областями поднятія и максимума послѣдняго съ высшими точками материковыхъ льдовъ оправдываетъ возможность такого объясненія.

Не слѣдуетъ ли такимъ же образомъ объяснять и тѣ большія трансгрессіи моря, которыя охватывали поверхность всей земли, напр., въ верхне-мѣловую эпоху? Можно

ли искать ихъ причину въ тѣхъ же процессахъ, которыми опредѣлялось движеніе береговой линіи въ болѣе позднее время? Если бы мы дали утвердительный отвѣтъ на эти вопросы, то должны были бы допустить, что въ верхне-мѣловую эпоху произошло грандіозное осѣданіе земной коры, охватывавшее большую часть всѣхъ материковъ. Но такое обширное движеніе континентальныхъ массъ представляется слишкомъ невѣроятнымъ, а потому для объясненія большихъ трансгрессій пока нельзя пренебрегать допущеніемъ извѣстныхъ движеній въ самомъ океанѣ.

Возрастъ материковъ.

Мы уже указывали, что съ понятіемъ о материкахъ связывается цѣлый рядъ важнѣйшихъ вопросовъ. Одинъ изъ нихъ мы уже прослѣдили, насколько это было возможно при современномъ состояніи нашихъ знаній, и теперь перейдемъ къ другому: мы должны рѣшить, сохраняется ли положеніе материковъ и морей неизмѣннымъ съ давнихъ временъ или же оно подлежитъ существеннымъ и глубокимъ измѣненіямъ.

Благодаря ученію о вѣковыхъ колебаніяхъ суши и моря, въ томъ видѣ, какъ оно было разработано Плейферомъ и Леопольдомъ фонъ-Бухомъ, установилось мнѣніе, что эти явленія должно разсматривать, какъ слабое выраженіе тѣхъ движеній, которыя въ теченіи многихъ тысячелѣтій ведутъ къ полному уничтоженію материковъ и вызываютъ образованіе новыхъ. *Ляйелль* выступилъ въ качествѣ рѣшительнаго сторонника этой теоріи и разработалъ ее въ подробностяхъ. Въ теченіи каждаго даннаго геологическаго періода материки остаются въ общихъ чертахъ неизмѣнными, но на протяженіи болѣе долгаго времени они испытываютъ самыя глубокія измѣненія: распредѣленіе суши и моря въ два смежные геологическіе періода представляетъ не болѣе сходства, чѣмъ современное распредѣленіе въ восточномъ и западномъ полушаріи.

Другіе изслѣдователи высказывали мнѣніе, что материки и моря въ главныхъ чертахъ остаются неизмѣнными съ самыхъ давнихъ временъ. Однимъ изъ защитниковъ этого мнѣнія былъ *Дана,* а въ послѣднее время ту же мысль поддерживали *Гейки* и *Уоллесъ.* Эти ученые считали невозможнымъ допустить медленное и непрерывное поднятіе и опусканіе цѣлыхъ материковъ; колебанія суши, конечно, должны были происходить то въ той, то въ другой мѣстности, такъ какъ этими явленіями объясняется происхожденіе горизонтальныхъ напластованныхъ морскихъ отложеній въ глубинѣ материковъ, но всѣ эти измѣненія были настолько невелики, что никогда даже болѣе или менѣе значительная часть современныхъ материковъ не была дномъ глубоководнаго моря, и что материки представляли подводныя возвышенія даже въ томъ случаѣ, когда они были залиты водой. Точно также и океаны, съ своей стороны, оставались въ общихъ чертахъ неизмѣнными, и наиболѣе глубокія, отдаленныя отъ суши части ихъ были всегда покрыты водою.

Главнымъ доводомъ въ пользу послѣдняго взгляда служатъ особенности слоистыхъ горныхъ породъ. Въ одной изъ слѣдующихъ главъ мы увидимъ, что массы песку, ила и другихъ веществъ, заносимыхъ въ море рѣками, отлагаются недалеко отъ берега. Въ значительномъ удаленіи отъ суши онѣ замѣняются известковыми и кремнистыми отложеніями, состоящими изъ панцырей, скелетовъ и скорлупокъ животныхъ и растеній. Въ глубоководныхъ частяхъ дно моря покрыто нѣжнымъ

краснымъ иломъ и скопленіями радіолярій. Первый состоитъ изъ тончайшихъ частицъ вулканическаго пепла и метеорной пыли и нерѣдко содержитъ зубы акулъ, черепа китовъ и марганцовыя конкреціи; вторыя родственны красной глинѣ, но отличаются отъ послѣдней чрезвычайнымъ богатствомъ крошечныхъ кремнистыхъ скорлупокъ радіолярій и иглъ кремневыхъ губокъ. Значительная часть слоистыхъ породъ, которыя въ современныхъ моряхъ образуютъ около материковъ поясъ въ 20 и, въ крайнемъ случаѣ, въ 50 географическихъ миль, принадлежитъ къ первой группѣ. На ряду съ ними на материкахъ встрѣчаются породы, которыя осаждались на болѣе значительномъ удаленіи отъ берега. Бѣлый писчій мѣлъ, юрскіе известняки съ губками, брюхоногими и головоногими, встрѣчающіеся, напр., въ восточной Швейцаріи, Швабіи, Франконіи и др., разнообразные известняки съ аммонитами, относящіеся къ мезозойскому періоду и встрѣчающіеся въ Альпахъ и Карпатахъ, наконецъ, огромное число другихъ породъ образовались въ тѣхъ глубокихъ частяхъ, гдѣ преобладаютъ органическіе осадки. Сюда же должны быть отнесены и роговики мезозойской системы, особенно тѣ, которые встрѣчаются среди юрскихъ отложеній Альпъ: микроскопическое изслѣдованіе показало, что эти породы состоятъ главнымъ образомъ изъ скелетовъ радіолярій и иглъ кремневыхъ губокъ и представляютъ большое сходство съ тѣми образованіями, которыя мы встрѣчаемъ въ современныхъ моряхъ еще на болѣе значительной глубинѣ, чѣмъ красный глубоководный илъ. Альпійскіе и карпатскіе роговики стоятъ въ тѣсной связи съ аммонитовыми известняками и красными сланцами, которые въ огромномъ количествѣ содержатъ такъ называемые аптихи—крышечки раковинъ аммонитовъ. Эти сланцы образовались, вѣроятно, на чрезвычайно большой глубинѣ, гдѣ происходило раствореніе раковинъ аммонитовъ и гдѣ сохранились только наиболѣе стойкія ихъ части. Эти остатки раковинъ аммонитовъ въ красныхъ сланцахъ скоплялись такимъ же образомъ, какъ зубы акулъ и наиболѣе твердыя черепныя кости китовъ въ современныхъ красныхъ глинахъ. Богатые радіоляріями роговики мезозойской системы постоянно сопровождаются пластами, принадлежащими къ образованіямъ глубокаго моря, и никогда не встрѣчаются въ сосѣдствѣ съ мелководными отложеніями. Это служитъ новымъ доводомъ въ пользу того, что роговики образовались въ глубокихъ, а можетъ быть и въ самыхъ глубочайшихъ частяхъ моря.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что главный доводъ въ пользу постоянства материковъ и океановъ не вполнѣ правиленъ и что на сушѣ встрѣчаются отложенія глубокаго моря.

Говоря о глубоководныхъ морскихъ образованіяхъ, мы упоминали о присутствіи ихъ въ Альпахъ и Карпатахъ. На самомъ же дѣлѣ они могутъ быть прослѣжены и за предѣлами этихъ областей. На протяженіи всей альпійской системы, вплоть до Гималайскихъ горъ и Тибета, мы встрѣчаемъ эти породы. Съ другой стороны, въ Южной Америкѣ извѣстны мезозойскія отложенія, сходство которыхъ съ европейскими уже давно привлекало вниманіе геологовъ. Такія же образованія были отмѣчены и въ Калифорніи. Верхне-мѣловыя отложенія Ямайки, а также третичныя породы Вестъ-Индіи тоже представляютъ сходство съ соотвѣтствующими образованіями альпійской системы. Такимъ образомъ мы получаемъ возможность опредѣлить границы большого древняго океана *„Тетисъ“* *), простиравшагося отъ Азіи до Америки

*) Такъ назвалъ его Зюссъ, по имени сестры и жены Океана.

и покрывавшаго среднюю часть Европы. По характеру осадковъ можно заключить, что вдоль складчатыхъ цѣпей альпійской системы глубина его не уступала наибольшей глубинѣ современныхъ океановъ. Въ тріасовый и юрскій періодъ, когда поверхность моря, какъ мы видѣли, увеличилась, и когда происходило положительное движеніе береговой линіи, глубина океана Тетисъ достигала наибольшей величины. Коралловые рифы, вродѣ современныхъ рифовъ Великаго и Индѣйскаго океановъ, обладали огромнымъ развитіемъ; на ряду съ этимъ, на большихъ глубинахъ отлагались скопленія радіолярій и корненожекъ, которыя въ настоящее время выступаютъ въ видѣ роговиковъ и аммонитовыхъ известняковъ. Въ мѣловой и третичный періоды осадки этого древняго океана образовали складчатыя цѣпи Альпъ, пространство океана Тетисъ уменьшилось, и нынѣшнее Средиземное море является его послѣднимъ остаткомъ. Повторные сбросы новообразовавшихся горъ, о которыхъ мы говорили выше, дѣлали возможнымъ новое расширеніе океана и сообщали его исторіи чрезвычайно любопытный и сложный характеръ. Мы не можемъ подробнѣе останавливаться на этомъ предметѣ, такъ какъ для этого понадобилось бы знакомство съ отдѣльными системами и ихъ распространеніемъ, мы вкратцѣ изложимъ здѣсь только одинъ эпизодъ изъ прошлаго Средиземнаго моря, чтобы пополнить выше-сдѣланныя замѣчанія о новѣйшихъ изслѣдованіяхъ послѣдняго.

Въ пліоценовую эпоху, т.-е. въ концѣ третичнаго періода, Эгейское море вмѣстѣ съ окрестностями Крита представляло закругленный материкъ, выдвигающійся среди океана Тетисъ (см. выше). Многочисленныя прѣсноводныя озера, населенныя множествомъ моллюсковъ, имѣли здѣсь широкое распространеніе, и мощная рѣка несла въ изобиліи валунныя образованія отъ Малой Азіи къ нынѣшнему Родосу. Только въ послѣледниковую эпоху этотъ материкъ исчезъ, и между небольшими остатками его, выдвигающимися нынѣ въ видѣ острововъ, море достигаетъ 2,000 м. въ глубину, а по опредѣленіямъ австрійскаго судна „Пола", вблизи юго-западнаго берега Малой Азіи, глубина его равняется даже 3,591 м.

Изслѣдуя свойства альпійскихъ горныхъ породъ, мы пріобрѣли возможность доказать существованіе древняго океана, который превратился въ сушу и впослѣдствіи снова возстановился въ своей незначительной части. Обратимся теперь къ современнымъ океанамъ и познакомимся ближе съ характеромъ прибрежныхъ осадковъ. Замѣчено, что въ Сѣверной Америкѣ, вблизи Атлантическаго океана, въ восточныхъ частяхъ Канады, въ Аппалахскихъ горахъ и др. песчано-глинистые палеозойскіе осадки достигаютъ мощнаго развитія; наоборотъ, по направленію къ западу они убываютъ и уступаютъ мѣсто известковымъ образованіямъ. Это позволяетъ намъ съ достаточнымъ правомъ думать, что къ востоку отъ названныхъ мѣстъ, т.-е. въ области Атлантическаго океана, находился материкъ, на счетъ котораго и образовались эти обломочныя или кластическія *) породы. Цѣлый рядъ другихъ фактовъ указываетъ на существованіе такого материка. На островахъ Оркадскихъ, Шетландскихъ, на Шпицбергенѣ, у сѣвернаго берега Лапландіи, въ Шотландіи и Англіи, на Гренландіи и у береговъ Новаго Брауншвейга представителями девонской системы являются такъ называемые древніе красные песчаники (Old Red). Въ этихъ красныхъ песчаникахъ находятъ прѣсноводныхъ панцырныхъ рыбъ и остатки наземныхъ ра-

*) Подъ именемъ обломочныхъ или кластическихъ разумѣютъ такія горныя породы, которыя образовались изъ продуктовъ разрушенія другихъ породъ: таковы, напр., песчаники, конгломераты, песокъ, глина

стеній, но никакихъ слѣдовъ морского населенія; отсюда несомнѣнно, что эти породы образовались внѣ моря: въ палеозойскую эру здѣсь находился обширный материкъ, на которомъ и происходило отложеніе древнихъ красныхъ песчаниковъ. Этотъ материкъ, носящій названіе *„Атлантиды“*, просуществовалъ до самаго новѣйшаго времени. Такое заключеніе мы можемъ сдѣлать, благодаря присутствію подобныхъ же третичныхъ песчаниковъ съ пластами каменнаго угля и остатками растеній между базальтовыми покровами острова Диско и острова Сабине у восточнаго берега Гренландіи, а также Исландіи и Фererскихъ островов. Большая часть „Атлантиды“ скрыта теперь подъ волнами глубокаго моря, и только отдѣльные остатки ея, среди которыхъ первое мѣсто слѣдуетъ отвести Гренландіи, выдвигаются изъ нѣдръ океана.

Въ Индіи и Африкѣ роль, подобную древнимъ краснымъ песчаникамъ сѣверныхъ частей Атлантическаго океана, играютъ гондвандскіе пласты, принадлежащіе къ пермской и тріасовой системамъ. Эти образованія также являются въ видѣ мощныхъ пластовъ песчаниковъ съ особенными наземными растеніями и съ прослоями каменнаго угля, а также своеобразными пресмыкающимися. Съ этими же признаками внѣокеаническаго происхожденія встрѣчаются они въ Столовыхъ горахъ южной Африки, на Мадагаскарѣ, въ Индіи и въ Австраліи. Гондванскіе пласты тянутся около моря и обрываются у его берега, подобно краснымъ песчаникамъ Атлантическаго океана и прѣсноводнымъ известнякамъ конца третичнаго періода на островахъ Эгейскаго моря. Если мы спросимъ, гдѣ располагались берега того прѣсноводнаго озера, гдѣ отлагались гондванскіе пласты, то должны будемъ предположить, что нѣкогда тянулся огромный материкъ отъ Индіи до южной Африки и захватывалъ Мадагаскаръ; онъ носитъ названіе „Гондваны“. Мадагаскаръ, Индія и южная Африка, представляя настоящіе сбросовые выступы, позволяютъ судить о свойствахъ тѣхъ огромныхъ массъ суши, которыя образуютъ теперь дно Индѣйскаго окена.

Сторонники ученія о неизмѣнности материковъ и океановъ утверждали, что по формѣ и направленію береговой линіи невозможно судить объ истинномъ очертаніи материковъ. Послѣдніе продолжаются на значительномъ разстояніи подъ поверхностью моря, и только на извѣстномъ удаленіи отъ берега материкъ кончается крутыми обрывами. Такимъ образомъ между океаническими впадинами и материками предполагается рѣзкая противоположность, что заставляетъ допустить, что распредѣленіе суши и воды съ древнѣйшихъ временъ не претерпѣло существенныхъ измѣненій. Но если океаны образовались вслѣдствіе сбросовъ и осѣданій суши, то, конечно, такіе обрывы, несомнѣнно, должны существовать. Какъ мы видѣли выше, строеніе материковъ свидѣтельствуетъ самымъ убѣдительнымъ образомъ, что океаны представляютъ области опусканія; плодотворныя же изслѣдованія глубоководныхъ частей океана, произведенныя въ послѣднія десятилѣтія, доказали существованіе крутого паденія материковъ въ глубинѣ океана; такимъ образомъ, эти факты какъ бы служатъ подтвержденіемъ разсматриваемой теоріи.

Съ другой стороны, послѣдователи ученія о постоянствѣ океана указывали на однообразіе рельефа дна и на отсутствіе въ немъ всякихъ неровностей. Въ настоящее время изслѣдованія рельефа глубоководныхъ частей океана находятся въ зачаткѣ, и было бы поспѣшно высказывать какія бы то ни было сужденія. Во всякомъ случаѣ на основаніи новѣйшихъ данныхъ можно думать, что предположеніе о томъ, что дно океановъ представляетъ совершенно ровную поверхность, страдаетъ сильнымъ преувеличеніемъ. Въ различныхъ частяхъ океана отмѣчены значительныя колебанія

глубины. Не слѣдуетъ, съ другой стороны, упускать изъ вида, что нѣкоторыя части суши обладаютъ также однообразнымъ рельефомъ и обнаруживаютъ незначительныя колебанія ихъ высоты. Наконецъ, накопленіе осадковъ, даже когда они достигаютъ не особенно значительной мощности, должно производить нивеллирующее дѣйствіе.

Возможно, что нѣкоторыя части водной оболочки земли, въ особенности Великаго океана, издавна покрыты водой. Но теорія неизмѣнности всѣхъ океановъ и материковъ не можетъ быть удержана. Мы имѣемъ цѣлый рядъ доказательствъ, что океаническія впадины образовались вслѣдствіе осѣданія материковъ и что отложеніе глубоководныхъ частей древняго океана встрѣчаются на сушѣ.

---

6. Дѣятельность воды и воздуха.

Количество воды. — Подземныя воды, ключи и источники. — Гейзеры и грязные вулканы. — Химическая дѣятельность воды. — Вывѣтриваніе. — Размываніе. — Обвалы и оползни. Внезапные горные ручьи. — Образованіе долинъ. — Каньоны и овраги. — Образованіе долинъ въ складчатыхъ горахъ. — Разрушеніе горъ. — Карстовыя образованія. — Лессовыя области. — Рѣчныя террасы. — Перемѣщеніе русла рѣкъ. — Отложеніе текущихъ водъ. — Разрушительная дѣятельность моря. — Дѣятельность льда. — Ледники и ихъ движеніе. — Разрушительная дѣятельность ледниковъ и переносъ ими продуктовъ разрушенія. — Образованіе озеръ. — Пловучіе льды. — Дѣятельность вѣтра. — Образованіе пустынь. — Совокупное дѣйствіе размыванія.

Количество воды.

Мы познакомились съ геологическими процессами, первоначальною причиною которыхъ является охлажденіе и сокращеніе земли. Совершенно иную группу явленій представляютъ тѣ измѣненія, которыя стоятъ въ связи съ дѣйствіемъ солнца и луны на нашу планету. Процессы первой категоріи обнаруживаются непосредственно на твердыхъ массахъ земли и способствуютъ увеличенію неровностей ея поверхности. Наоборотъ, солнце и луна дѣйствуютъ на подвижную оболочку нашей планеты, *воду* и *воздухъ* и при ихъ посредствѣ на горныя породы. Ихъ дѣятельность направлена главнымъ образомъ на уничтоженіе неровностей, на сглаживаніе поверхности земли; они разрушаютъ горы и уносятъ продукты разрушенія.

Вода, главнѣйшій дѣятель этой группы измѣненій, собирается преимущественно въ моряхъ; отсюда и начинается ея постоянный непрерывный круговоротъ. Подъ вліяніемъ солнечной теплоты на поверхности океана происходитъ испареніе. Водяные пары поднимаются въ атмосферу, сгущаются тамъ и выпадаютъ снова въ видѣ дождя, снѣга, града, росы и инея. Часть этихъ осадковъ возвращается непосредственно въ море, часть остается на сушѣ и въ дальнѣйшемъ круговоротѣ испытываетъ неодинаковую судьбу. Огромное количество ея вслѣдствіе процессовъ испаренія опять возвращается въ атмосферу, значительныя массы образуютъ ледники и материковые льды, часть ея служитъ для поддержанія жизненныхъ процессовъ животныхъ и растеній. Остальное количество воды течетъ по поверхности въ видѣ ручьевъ и рѣкъ, изливается въ моря и внутреннія озера или же просачивается въ глубину, образуя систему водъ, циркулирующихъ по трещинамъ и пустотамъ; отсюда почерпаютъ горныя породы свою влажность, этою водою питаются ключи. Въ общихъ

чертахъ круговоротъ воды представляется въ слѣдующемъ видѣ: вслѣдствіе испаренія море теряетъ свою воду, послѣдняя, пройдя извѣстный циклъ превращеній, снова возвращается въ океанъ. Извѣстная часть воды совершенно извлекается изъ круговорота, поглощаясь горными породами, но эти потери непрерывно восполняются, благодаря дѣятельности вулкановъ и другимъ процессамъ, доставляющимъ воду изъ нѣдръ земли.

Если мы пожелаемъ составить правильное представленіе о значеніи этихъ явленій, то должны будемъ, хотя приблизительно, опредѣлить общую массу воды, принимающей участіе въ круговоротѣ. Пространство, занимаемое моремъ и его средняя глубина измѣрялись неоднократно, но только въ самое послѣднее время получены болѣе или менѣе точныя цыфры. Крюммель, которому мы обязаны самыми тщательными вычисленіями, полагаетъ, что въ среднемъ глубина моря равняется 1880 саж. или 3440 м., т.-е. около $^1/_2$ географической мили. Такимъ образомъ все количество воды въ морѣ достигаетъ 1285 милліоновъ кубич. км., или нѣсколько больше 3 милліоновъ куб. миль: вода океана занимаетъ $^1/_{843}$ объема земли и составляетъ, благодаря своей незначительной плотности, только $^1/_{4540}$ вѣса нашей планеты. По опредѣленіямъ другихъ ученыхъ, сдѣланнымъ въ самое послѣднее время, средняя глубина океана колеблется между 3438 и 4260 м.

Количество воды, поднимающейся съ поверхности моря въ видѣ пара и выпадающей туда снова въ видѣ снѣга и дождя, представляетъ, съ геологической точки зрѣнія, мало значенія: наоборотъ, тѣмъ болѣе важна масса осадковъ, выпадающихъ на сушу. Обыкновенно принимаютъ, что въ среднемъ она достигаетъ 1000 мм. въ годъ. На Суэцкомъ перешейкѣ выпадаетъ осадковъ 30 мм., а въ Черрапонджѣ въ Ассамѣ количество ихъ превосходитъ 14,000 м.; величина послѣдней цыфры объясняется дѣйствіемъ юго-западнаго муссона, достигающаго Гималаевъ. Въ Европѣ, только на окраинахъ горъ и въ прибрежныхъ областяхъ крайняго сѣвера, гдѣ сказывается вліяніе Гольфстрема, общее количество осадковъ превышаетъ 1,000 мм. Хотя всѣ эти опредѣленія недостаточно точны, но, предположивъ, что въ среднемъ количество выпадающихъ осадковъ на сушѣ = 1,000 мм., мы не особенно удалимся отъ истины. Вся эта масса снова уносится рѣками въ море. Мы должны теперь приблизительно опредѣлить, сколько потребуется времени для того, чтобы вода въ океанѣ возобновилась. Принимая въ разсчетъ глубину океана и отношеніе ея къ поверхности всѣхъ материковъ и острововъ, мы найдемъ, что для этого необходимо приблизительно 9,500 лѣтъ; но такъ какъ значительное количество осадковъ опять испаряется, то надо думать, что это число возрастаетъ въ дѣйствительности, по крайней мѣрѣ, до 15,000 лѣтъ. Однако такіе разсчеты можно считать справедливыми только по отношенію къ данному моменту времени. Мы еще не знаемъ, остается ли количество воды въ морѣ постояннымъ, или же медленно возрастаетъ или убываетъ.

Подземныя воды, ключи и источники.

Изъ всего количества осадковъ, выпадающихъ въ данной области, приблизительно $^1/_3$ испаряется и уходитъ въ атмосферу; другая треть питаетъ ручьи и рѣки, третья—просачивается въ глубину. Само собою разумѣется, что такой разсчетъ правиленъ не для всѣхъ мѣстностей: чрезвычайно ничтожное количество осадковъ, выпа-

дающихъ въ Сахарѣ въ видѣ дождей и росы, по большей части испаряется опять: въ покрытыхъ трещинами известняковыхъ областяхъ Карста значительная масса осадковъ уходитъ въ глубину; въ области Ассама у южнаго подножія восточныхъ Гималаевъ, гдѣ выпадаютъ обильные дожди, достигаютъ мощнаго развитія рѣки: здѣсь значительная часть осадковъ движется по поверхности земли. Такимъ образомъ судьба, испытываемая атмосферной водой въ ея дальнѣйшемъ круговоротѣ, разнообразна, но въ общихъ чертахъ приведенный выше разсчетъ можно считать правильнымъ.

Просачивающіяся въ глубину воды направляются по открытымъ для нихъ путямъ. Трудно назвать такую горную породу, которая была бы непроницаема для воды*); но однѣ изъ горныхъ породъ пропускаютъ воду только въ ничтожной степени, другія — открываютъ ей вполнѣ свободные пути. Отсюда слѣдуетъ отличать *водопроницаемыя* породы отъ *водонепроницаемыхъ* или *водоупорныхъ*. Рыхлыя галечныя отложенія, песчаники, цементированные конгломераты и большинство песчаниковъ проницаемы для воды; наоборотъ, глины чрезвычайно водоупорны. Плотныя горныя породы препятствуютъ движенію воды, если только въ нихъ отсутствуютъ трещины; наоборотъ, породы, богатыя послѣдними, какъ, напр., большинство известняковъ, открываютъ водѣ свободный проходъ.

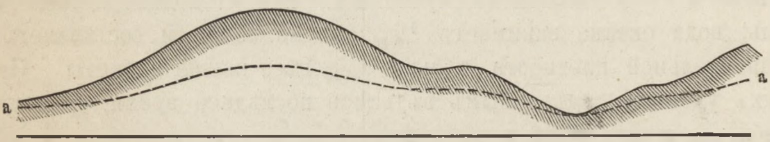


Рис. 268. Положеніе уровня подземныхъ водъ (*aa*) въ мѣстности съ волнообразною поверхностью почвы.

Тамъ, гдѣ непосредственно на поверхности залегаютъ водопроницаемыя породы, почти вся масса осадковъ просачивается въ глубину, и только незначительная часть остается въ почвѣ и поглощается одѣвающимъ ее растительнымъ покровомъ. Вода продолжаетъ свое нисходящее движеніе до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ водонепроницаемаго пласта. Она собирается на поверхности послѣдняго и течетъ въ зависимости отъ его наклона. Такъ какъ даже водопроницаемые пласты оказываютъ движенію воды бо́льшее сопротивленіе, чѣмъ то, которое она встрѣчаетъ на поверхности, то теченіе *подземныхъ водъ* происходитъ сравнительно медленно, уровень же ихъ въ большей или меньшей степени опредѣляется формою поверхности (см. рис. 268). Часто подземныя воды просачиваются въ рѣки и непосредственно на поверхность земли не выходятъ.

Значеніе подземной воды для человѣка чрезвычайно велико. При благопріятныхъ условіяхъ она образуетъ на большемъ или меньшемъ удаленіи отъ поверхности непрерывный водоносный горизонтъ; воды, мутныя на поверхности, благодаря фильтраціи

*) Посредствомъ слѣдующаго опыта можно убѣдиться, что вода проникаетъ не только въ рыхлые слои, но и въ плотныя горныя породы. Возьмемъ кусокъ породы, не поддающейся дѣйствію слабыхъ кислотъ, напр., кусокъ гранита, состоящаго, какъ извѣстно, изъ кварца, слюды и полевого шпата; положимъ его въ воду, подкисленную какою-либо кислотой, вынемъ черезъ нѣсколько времени и расколемъ на куски; если попробовать свѣжій изломъ лакмусовой бумажкой, то окажется, что кислота проникла внутрь куска; такимъ образомъ возможно даже опредѣлить предѣлы проиканія воды въ различное время въ глубь породы. Исключеніе представляютъ обыкновенно только плотныя кристаллическія и стекловидныя породы, но и въ нихъ почти всегда присутствуютъ мельчайшія трещины, открывающія водѣ болѣе или менѣе свободные пути.

Прим. перев.

траціи черезъ почву, очищаются. Простѣйшіе колодцы представляютъ ямы, которыя достигаютъ уровня *почвенныхъ* *) водъ и изъ которыхъ вода извлекается посредствомъ насосовъ или черпательныхъ аппаратовъ. Съ другой стороны, уровень почвенныхъ водъ имѣетъ громадное санитарное значеніе: тамъ, гдѣ живетъ много людей и гдѣ не принимается надлежащихъ мѣръ для обезвреживанія нечистотъ, почвенныя воды загрязняются и служатъ гнѣздомъ всевозможныхъ заразъ.

Большая часть воды, просачивающейся вглубь, снова выступаетъ на дневную поверхность въ видѣ *ключей;* послѣдніе питаются атмосферными осадками; это ясно уже изъ того, что количество выдѣляемой ключами воды находится въ зависимости отъ массы дождя и снѣга. Съ 1873 года Вѣна снабжается водою изъ обильныхъ ключей, которые бьютъ въ Альпахъ, преимущественно у подножія мощнаго известняковаго плато Шнееберга и Раксальпа въ Адской долинѣ (Höllenthal) близь Рейхенау. Во время сильныхъ дождей и особенно во время таянія снѣга количество воды, выдѣляемой этими ключами, замѣтно увеличивается. Въ сухіе лѣтніе и осенніе дни ключи питаются, благодаря существованію на вершинахъ известняковыхъ горъ воронкообразныхъ и котловинныхъ впадинъ, которыя въ зимнее время накопляются снѣгомъ. Здѣсь скопляется не только снѣгъ, выпадающій непосредственно изъ атмосферы: вьюга сгоняетъ его и съ сосѣднихъ вершинъ; въ этихъ котловинахъ массы снѣга сохраняются даже до слѣдующей зимы. Если лѣтомъ выпадаетъ мало дождей, то количество выдѣляемой ключами воды всецѣло зависитъ отъ величины такихъ скопленій снѣга, поэтому вліяніе малоснѣжныхъ зимъ гораздо рѣзче отражается на ключахъ, чѣмъ недостатокъ дождей въ лѣтнее время.

Тѣсная связь между количествомъ выдѣляемой ключами воды и высотою подземныхъ водъ, съ одной стороны, и количествомъ осадковъ, съ другой стороны, можетъ быть доказана цѣлымъ рядомъ примѣровъ; найдется немного ключей, дѣятельность которыхъ не ослабѣваетъ въ сухое время года и не усиливается во время дождей и таянія снѣга. Однако высказывались и противоположныя мнѣнія. Такъ, напр., извѣстный геологъ Отто Фольгеръ выступилъ защитникомъ далеко не новаго взгляда, по которому подземныя воды будто бы не имѣютъ ничего общаго съ атмосферными осадками. Этотъ ученый указываетъ, что даже во время сильныхъ дождей вода проникаетъ не глубоко; по его мнѣнію, воды озеръ и морей давно должны были бы просочиться въ глубь земли, если бы послѣдняя обладала высокой степенью проницаемости. Кромѣ того, съ поверхности земли испаряется въ теченіи года гораздо больше воды, чѣмъ выпадаетъ въ видѣ атмосферныхъ осадковъ. Такимъ образомъ вода дождей и снѣга должна снова возвратиться въ атмосферу. Въ виду этихъ соображеній, Отто Фольгеръ пытался объяснить происхожденіе ключей слѣдующимъ образомъ: на извѣстной глу-

---

*) *Почвенною* или *грунтовою* водою называется вода, насыщающая верхніе почвенные слои. Глубина, на которой находятся почвенныя воды, для различныхъ мѣстностей различна, что, конечно, находится въ зависимости отъ первыхъ слоевъ, задерживающихъ воду. Въ Петербургѣ на Васильевскомъ островѣ ее находдятъ на глубинѣ отъ 0,3 до 1,2 метра, у Лиговки же — на глубинѣ 1,8 м. Отъ почвенныхъ водъ отличаютъ *почвенную влажность*, т.-е. воду, непосредственно пропитывающую верхній слой земли; она стоитъ въ тѣсной связи съ грунтовою водой, но распредѣляется въ зависимости отъ капиллярности, пористости, гигроскопическихъ свойствъ и состава почвы; вслѣдствіе непостоянства этихъ свойствъ почва впитываетъ грунтовую воду неравномѣрно, и поверхность почвенной влажности существенно отличается отъ поверхности почвенной воды. Вода, просачивающаяся ниже первыхъ водоупорныхъ пластовъ и находимая на болѣе или менѣе значительной глубинѣ, называется *подземною* водою.

Прим. перев.

бинѣ земная кора обладаетъ средней годовой температурой атмосферы данной мѣстности, поэтому въ жаркое время года глубокія части почвы холоднѣе воздуха: послѣдній, циркулируя въ глубинахъ, охлаждается и выдѣляетъ содержащійся въ немъ паръ. Изъ этого источника и образуются подземныя воды и ключи.

Думать, что при значительной проницаемости почвы должны исчезнуть моря и озера,—совершенно не основательно. Осадки, отлагающіеся на днѣ разныхъ водовмѣстилищъ, образуютъ съ теченіемъ времени непроницаемый покровъ, препятствующій дальнѣйшему просачиванію воды. Даже въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нѣтъ на лицо этого условія, всѣ ближайшіе водопроницаемые пласты должны быть сильно пропитаны водою: установившееся равновѣсіе препятствуетъ дальнѣйшему просачиванію воды. Что же касается замѣчанія, будто вода вообще не уходитъ въ землю, то оно справедливо только по отношенію къ культурнымъ странамъ. Растенія потребляютъ огромныя количества воды; покрытая ими почва высыхаетъ до значительной глубины, и скопленіе подземныхъ водъ въ періодъ произрастанія должно быть затруднено и можетъ сдѣлаться совсѣмъ невозможнымъ. Наоборотъ, дождевая вода и вода, образующаяся при таяніи снѣга, безъ труда просачивается въ глубину только тогда, когда она попадаетъ на обнаженную почву; въ нашихъ мѣстахъ это явленіе происходитъ весною и осенью и можетъ быть доказано опытомъ и наблюденіемъ.

Для образованія почвенныхъ водъ посредствомъ сгущенія пара потребовались бы огромныя количества воздуха, и превращеніе большихъ массъ пара въ воду сопровождалось бы такимъ выдѣленіемъ теплоты, которое препятствовало бы дальнѣйшему теченію процесса. Фольгеръ предполагаетъ, что образованіе подземныхъ водъ происходитъ главнымъ образомъ въ теплое время года, но лѣтомъ проникновеніе воздуха въ почву врядъ ли возможно, такъ какъ на поверхности земли, вслѣдствіе нагрѣванія, онъ обладаетъ меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, чѣмъ въ глубинѣ. Обратныя условія наблюдаемъ мы зимою, а потому слѣдовало бы думать, что въ это время долженъ усиливаться обмѣнъ воздуха въ почвѣ и въ атмосферѣ. Дѣйствительно, опыты показали, что въ мелко-зернистыхъ почвахъ зимою скопляется больше воды, чѣмъ ея выпадаетъ въ формѣ осадковъ; этотъ избытокъ долженъ образоваться вслѣдствіе сгущенія въ почвѣ водяныхъ паровъ.

Хотя въ гипотезѣ Фольгера и заключается зерно истины, но такъ какъ количество воды, образующейся отъ сгущенія пара, ничтожно, то слѣдуетъ считать, что вся *циркулирующая подъ землею вода получается изъ атмосферныхъ осадковъ*. Мы должны прослѣдить пути подземныхъ водъ и выяснить, какъ и при какихъ условіяхъ она выходитъ на поверхность, — иначе говоря, мы займемся вопросомъ *объ образованіи ключей*. Теоретическая сторона этихъ процессовъ чрезвычайно проста, но въ отдѣльныхъ случаяхъ явленія могутъ быть очень сложны и трудно объяснимы. Вода, проникающая въ глубину, направляется, черезъ пласты водопроницаемыхъ породъ или же непосредственно движется по трещинамъ и пустотамъ *). Въ обоихъ случаяхъ она направляется, по законамъ тяжести, внизъ, и въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ она снова достигаетъ дневной поверхности, бьютъ ключи. Разсмотримъ простѣйшій случай.

*) Въ первомъ случаѣ подземныя воды совершенно насыщаютъ горную породу и образуютъ такъ называемые *водоносные слои* (плывуны); во второмъ случаѣ онѣ текутъ нерѣдко въ видѣ настоящихъ подземныхъ рѣкъ, — такъ называемыхъ *водяныхъ жилъ*; наконецъ, подземныя воды проявляются иногда въ мелкоразсѣянномъ состояніи и заполняютъ тончайшія трещины горныхъ породъ; въ этомъ случаѣ онѣ носятъ названіе *горной влажности*.

Прим. перев.

Допустимъ, что слой водопроницаемаго песку или известняка располагается на пластѣ глины, не пропускающемъ воды; воды, просачивающіяся съ поверхности, будутъ падать до нижняго пласта и станутъ надъ нимъ скопляться. Допустимъ далѣе, что на склонѣ горы пласты песку и глины обнажаются; вдоль линіи, отдѣляющей пласты и называемой *уровнемъ подземныхъ водъ*, будутъ бить ключи (см. рис. 269). Явленіе это при описанныхъ условіяхъ выражается съ такою правильностью, что при съемкѣ геологическихъ картъ можно опредѣлить границу обѣихъ породъ по мѣстонахожденію ключей, если богатая растительность и верхній слой почвы препятствуютъ непосредственному наблюденію. Въ случаѣ наклоннаго расположенія слоевъ ключи будутъ бить не во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ соприкасающіеся пласты выходятъ на поверхность: такъ какъ подземныя воды текутъ соотвѣтственно наклону слоевъ, то появленіе ключей возможно лишь въ томъ случаѣ, когда пласты обнажатся по направленію ихъ паденія; такимъ образомъ происходятъ такъ называемые *пластовые источники* (см. рис. 270). При болѣе сильныхъ нарушеніяхъ напластованія происходитъ дальнѣйшее осложненіе; такъ, напр., если пласты образуютъ мульду, то почвенныя воды собираются въ серединѣ ея, на поверхности непроницаемаго для нихъ слоя; если произойдетъ обнаженіе пластовъ, то ключи бьютъ у краевъ мульды; въ этомъ случаѣ они называются *котловинными источниками* (см. рис. 271). Если такая мульда будетъ прорѣзана въ серединѣ долиною, то ключи выступятъ по обѣимъ сторонамъ послѣдней; въ этомъ случаѣ ихъ называютъ *долинными источниками* (см. рис. 272).

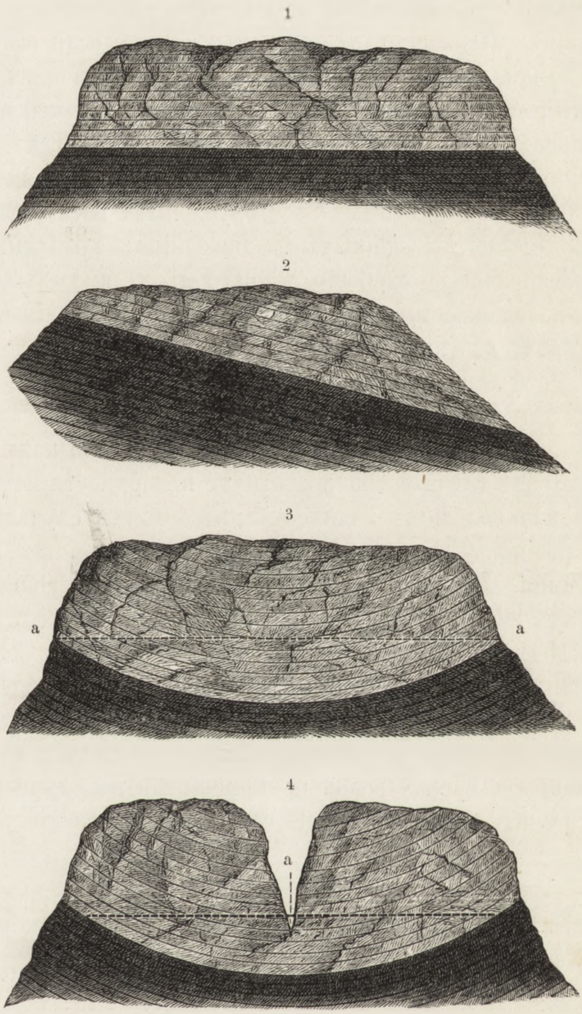


Рис. 269—272. Различные виды ключей. На всѣхъ рисункахъ вышележащіе водопроницаемые пласты затушованы свѣтлѣе, а нижележащія водоупорныя породы — темнѣе. 1) Примѣръ горизонтальнаго уровня подземныхъ водъ. 2) Пластовые ключи. 3) Котловинные ключи. 4) Долинные ключи. — Выходы ключей всюду обозначены буквою *a*.

До сихъ поръ мы предполагали, что одинъ водопроницаемый пластъ лежитъ на другомъ водоупорномъ, но можетъ случиться, что слой, пропускающій воду, обнажается гдѣ-либо на дневной поверхности, пропитывается здѣсь водою и далѣе спускается въ глубину, прикрываясь сверху и снизу водонепроницаемыми породами; если

нижнія части такого пласта выступятъ гдѣ-нибудь снова на дневную поверхность, то на томъ мѣстѣ появятся ключи *).

Чѣмъ сложнѣе залеганіе породъ, тѣмъ труднѣе прослѣдить пути подземныхъ водъ, особенно въ томъ случаѣ, когда послѣднія не образуютъ непрерывнаго потока, распространяющагося по поверхности водоупорнаго пласта, а движутся по трещинамъ. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали разсматривать всѣ единичные случаи, практическое значеніе которыхъ можетъ быть иногда очень важнымъ. Опытный глазъ геолога даже въ самыхъ сложныхъ случаяхъ легко находитъ выраженіе простѣйшихъ законовъ; безъ умѣнья же судить о внутреннемъ строеніи мѣстности по явленіямъ, наблюдаемымъ на поверхности, нельзя достигнуть никакихъ результатовъ даже при самыхъ обстоятельныхъ изслѣдованіяхъ. При рѣшеніи практическихъ вопросовъ, связанныхъ съ движеніемъ подземныхъ водъ, необходимо только знать геологическое строеніе даннаго мѣста и умѣть примѣнить къ нему простѣйшіе законы движенія воды. Иной путь изслѣдованія невозможенъ и, если являются предсказатели, мнящіе какими то таинственными способами отыскать водоносныя жилы, то это лишь простое шарлатанство, разсчитывающее на легковѣріе преклоняющихся передъ нимъ невѣждъ.

Во многихъ случаяхъ бываетъ важно найти такое мѣсто, гдѣ при наименьшей затратѣ труда можно достигнуть поверхности подземныхъ водъ и получить ее въ возможно большемъ количествѣ; въ другихъ случаяхъ бываетъ необходимо найти средство повысить дѣятельность уже существующихъ ключей или защитить ихъ отъ истощенія. Совсѣмъ особый случай добыванія почвенныхъ водъ представляетъ буреніе такъ называемыхъ *„артезіанскихъ колодцевъ“*, которые были впервые устроены въ XII вѣкѣ во французской провинціи Артуа, откуда они получили свое названіе. Принципъ устройства артезіанскихъ колодцевъ, которыми уже издавна пользуются въ Китаѣ и въ оазисахъ Ливійской пустыни, заключается въ слѣдующемъ: производятъ буреніе почвы до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнутъ водоносный слой, который покрытъ сверху водонепроницаемыми породами и въ которомъ вода находится подъ сильнымъ давленіемъ. Когда буровая скважина прорѣжетъ вышележащія массы и до-

---

*) Нисходящіе ключи могутъ происходить также отъ просачиванія водъ озеръ и отъ сокрытія рѣкъ, которыя пролагаютъ подземныя русла и снова выходятъ на поверхность уже въ видѣ ключей.

Протекая по поверхности, вода можетъ встрѣтить трещину; низвергаясь по этой трещинѣ, она достигаетъ водоупорнаго слоя и пролагаетъ путь по направленію его склона. Отличнымъ примѣромъ могутъ служить источники Прибалтійскаго края и особенно источникъ Охтіасъ на островѣ Эзелѣ. Поверхность острова покрыта довольно плотными известняками, которые разбиты множествомъ трещинъ. Известняки эти покоятся на мощномъ слоѣ чистой водоупорной глины. Не доходя 3 км. до моря, ручей Охтіасъ исчезаетъ: онъ уходитъ въ трещину и спускается по ней до пласта глины; послѣдняя мало по малу разбухаетъ, вспучивается, вымывается и образуетъ подземный ходъ, по которому и течетъ вода. На самомъ берегу моря Охтіасъ въ видѣ источника выходитъ на поверхность. Другимъ примѣромъ можетъ служить рѣчка Эррасъ (въ Эстляндіи). Такія же особенности представляетъ по Балтійскому побережью ручей Куйвоеги (близь Нейенгофа), ручей Саллаеги (близь Ниби) и др. Подобныя явленія достигаютъ широкаго развитія въ такъ называемыхъ „карстовыхъ“ областяхъ, гдѣ поверхность образована чистыми трещиноватыми известняками (см. ниже). Любопытный примѣръ сокрытія рѣкъ въ гравіѣ и галешникѣ восточнаго Алтая описанъ Потанинымъ. Здѣсь рѣки (напр., рѣка Дзерге) выбѣгаютъ изъ узкихъ гористыхъ долинъ; передъ впаденіемъ ихъ въ озеро долина клинообразно расширяется и дно ея покрыто галешникомъ. Выходя на эту поверхность, рѣка разбивается на нѣсколько рукавовъ, въ которыхъ вода мало по малу теряется и только вблизи озера, куда впадаетъ рѣка, выходятъ многочисленные ключи, прѣсныя воды которыхъ иногда даже бьютъ фонтаномъ.

Прим. перев.

стигнетъ уровня подземныхъ водъ, послѣднія, подъ вліяніемъ давленія, поднимутся по буровой скважинѣ и выйдутъ на дневную поверхность; въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ бьютъ въ видѣ фонтановъ. Какъ мы уже упоминали выше, артезіанскіе колодцы устраиваются съ давнихъ временъ, но распространеніе ихъ было незначительнымъ до тѣхъ поръ, пока не произвели знаменитое буреніе на дворѣ Гренельской бойни у Парижа (въ 1842 г.). На глубинѣ въ 547 м. былъ достигнутъ слой, содержащій воду; послѣдняя вырвалась въ видѣ мощнаго фонтана, и колодезь сначала давалъ 3200 куб. м. воды въ сутки. Съ тѣхъ поръ артезіанскіе колодцы устраиваются въ большомъ числѣ и принадлежатъ къ числу самыхъ распространенныхъ сооруженій человѣческаго искусства.

Само собою понятно, что геологическія особенности артезіанскихъ колодцевъ будутъ весьма различны, смотря по строенію мѣстности, въ которой они проложены. Съ главнѣйшими свойствами артезіанскихъ колодцевъ мы познакомимся опять на простѣйшемъ случаѣ. Представимъ себѣ обширный участокъ земли, обладающій строеніемъ мульды: всѣ пласты, залегающіе подъ поверхностью, падаютъ по направленію къ центру; въ серединѣ такой мѣстности мы найдемъ новѣйшія образованія, по направленію же кнаружи будутъ обнажаться все болѣе древнія породы (см. рис. 273). Если же породы водопроницаемы, то, выступая на дневную поверхность, онѣ поглощаютъ воду, которая течетъ соотвѣтственно наклону пластовъ, т.-е. направляется къ центру мульды. Если водоносные слои залегаютъ подъ непроницаемыми для воды породами, то въ серединѣ мульды существуетъ значительное давленіе; оно заставитъ воду подниматься вверхъ и даже бить ключемъ, если въ данномъ мѣстѣ будетъ проложена буровая скважина. Въ глубинѣ мульды можетъ залегать нѣсколько водоносныхъ слоевъ, прикрытыхъ сверху и снизу пластами, не пропускающими воды; въ такомъ случаѣ существуетъ нѣсколько горизонтовъ, отличающихся по количеству даваемой ими воды; можно пользоваться первымъ. вторымъ и третьимъ водоноснымъ пластомъ, смотря по надобности.

Рис. 273. Схематическій разрѣзъ артезіанскаго колодца: a) нижніе водоупорные слои; b) водоносный горизонтъ; c) верхнія водопроницаемыя породы.

Мульдообразное расположеніе водоносныхъ слоевъ нельзя однако считать необходимымъ условіемъ появленія артезіанской воды; для этого часто бываетъ достаточно односторонняго давленія. Такимъ именно способомъ была получена артезіанская вода, произведшая въ Шнейдемюлѣ опустошеніе. Этотъ колодезь питается мощнымъ потокомъ подземной воды, который получаетъ свое начало въ Балтійской грядѣ (Baltischer Hohenrücken) и отсюда течетъ по направленію къ югу. Такъ какъ область просачиванія воды лежитъ на 140—180 м. выше, чѣмъ водоносный слой въ Шнейдемюлѣ, то развивается огромное гидравлическое давленіе, которое и объясняетъ сильное движеніе воды въ колодцѣ. Потокъ, вырвавшійся на дневную поверхность, обладалъ страшною силою, увлекъ за собою изъ водоноснаго горизонта огромныя количества песку и ила и вынесъ ихъ на дневную поверхность. Верхніе пласты лишились опоры и, вслѣдствіе этого, произошло сильное осѣданіе почвы, сопровождавшееся появленіемъ трещинъ въ домахъ и даже разрушеніемъ нѣкоторыхъ зданій.

Само собою разумѣется, что устройство артезіанскихъ колодцевъ возможно не

во всякомъ мѣстѣ: часто въ глубокихъ водоносныхъ слояхъ отсутствуетъ необходимое давленіе. Возможно ли устройство артезіанскаго колодца и будутъ ли имѣть успѣхъ проектируемыя работы, — въ каждомъ данномъ случаѣ долженъ рѣшить геологъ. Но часто условія оказываются настолько запутанными, что сколько-нибудь опредѣленное сужденіе невозможно, и буреніе приходится производить ощупью, главнымъ образомъ съ той цѣлью, чтобы опредѣлить свойство водныхъ горизонтовъ для болѣе значительной области. Во многихъ странахъ мы находимъ въ этомъ отношеніи

Рис. 274. Артезіанскій колодецъ въ Сиди-Амранъ въ Алжирѣ (по Бюхнеру).

чрезвычайно благопріятныя условія, но едва ли не первое мѣсто слѣдуетъ отвести большей части огромной сѣверо-африканской пустыни. Подъ раскаленною высохшею почвою Сахары, часто уже на незначительной глубинѣ, находятъ чрезвычайно богатые водою слои, которые могутъ питать колодцы, если только будетъ проложена буровая скважина (см. рис. 274). Уже древніе египтяне извлекали въ оазисахъ Ливійской пустыни изъ-подъ земли драгоцѣнную влагу, а въ новѣйшее время французы въ Алжирѣ буреніемъ колодцевъ превратили значительные участки пустыни въ культурныя земли.

О происхожденіи этой воды говорили очень много. Одно время думали, что водоносные слои пустыни питаются Ниломъ, но мѣстами водные горизонты въ Ливійской пустынѣ лежатъ выше уровня Нила въ томъ мѣстѣ, гдѣ можетъ происходить просачиваніе воды, а кромѣ того, пласты обнаруживаютъ легкій наклонъ по направленію отъ Ливійской пустыни къ рѣкѣ. Эта догадка справедлива только по отношенію къ ключамъ Натровыхъ озеръ нижняго Египта, такъ какъ они лежатъ ниже уровня водъ рѣки Нила и выступаютъ на дневную поверхность на восточной сторонѣ Вади-Натрунъ, обращенной къ этой рѣкѣ. По всей вѣроятности, воды Сахары

имѣютъ въ разныхъ мѣстахъ разное происхожденіе. Можно съ достаточнымъ основаніемъ предположить, что нѣкоторые оазисы, какъ, напр., Борку, Эгей, Боделе, получаютъ свою влагу изъ озера Чаадъ, и даже оазисъ Куфра, расположенный въ сѣверной части центральной Сахары, обязанъ своими водоносными слоями Судану, гдѣ выпадаютъ въ большомъ изобиліи дожди. Другіе оазисы, какъ, напр., Туатъ, Тафилелтъ и Драа, питаются тѣми водами, которыя во время зимнихъ дождей и таянія снѣга текутъ мощными потоками по склонамъ Атласскихъ горъ и поглощаются горячимъ пескомъ пустыни. Нѣкоторые изъ потоковъ подземныхъ водъ могутъ происходить изъ возвышенныхъ мѣстъ въ серединѣ Сахары. Такъ, напр., ключи Фессана въ южномъ Триполи обязаны атмосфернымъ осадкамъ, выпадающимъ на поверхность окрестныхъ горъ — Хогаръ и Джебель Сода. Точно также мощныя подземныя скопленія водъ въ Сухой долинѣ Ирхархара происходятъ изъ осадковъ Ахагарскихъ горъ въ серединѣ Сахары. Эти потоки простираются съ юга на сѣверъ до алжирской границы, гдѣ они встрѣчаютъ воды, падающія со склоновъ Атласовъ. Чтобы составить себѣ нѣкоторое понятіе о богатствѣ подземныхъ водъ въ Ирхархарѣ, отмѣтимъ здѣсь, что въ Уедъ Рирѣ и въ оазисахъ Тугурта было въ 1885 году 114 артезіанскихъ колодцевъ, устроенныхъ французами, и 492 сооруженныхъ мѣстными жителями. Если сюда присоединить еще нѣкоторые естественные ключи, то общая сумма даваемой ими воды достигнетъ 255,698 литровъ въ минуту или 130 милліоновъ куб. м. въ годъ. Вода выходитъ изъ глубины въ 70—75 м. и обладаетъ температурой въ среднемъ 25° Ц. Въ нѣкоторыхъ оазисахъ происхожденіе воды оказывается совершенно неяснымъ. Это, напр., слѣдуетъ сказать о Каргехѣ и Дакхелѣ въ Ливійской пустынѣ, гдѣ мы находимъ горячіе ключи, содержащіе въ своихъ водахъ кобальтъ и марганецъ; повидимому, они бьютъ съ очень большой глубины. Въ другихъ мѣстностяхъ неоднократно замѣчали, что при устройствѣ нѣсколькихъ артезіанскихъ колодцевъ производительность нѣкоторыхъ изъ прежнихъ сильно падала. Ничего подобнаго не наблюдается въ Сахарѣ. Такимъ образомъ вполнѣ возможно превратить обширныя пространства пустыни въ культурныя страны; по крайней мѣрѣ во времена высшаго процвѣтанія древняго Египта въ тѣхъ мѣстностяхъ Сахары, которыя теперь совершенно безплодны, существовалъ цѣлый рядъ поселеній; о существованіи послѣднихъ мы заключаемъ по остаткамъ артезіанскихъ колодцевъ, нынѣ засыпанныхъ пескомъ.

Циттель пишетъ слѣдующее объ оазисѣ Дакхель: „Въ окрестностяхъ Казра Дакхеля бьетъ 30—40 мощныхъ ключей теплой воды, но число ихъ можетъ быть сильно увеличено. Нѣкоторые изъ этихъ ключей выходятъ сами собой изъ трещинъ въ плотномъ мѣловомъ мергелѣ, нѣкоторые вырыты искусственно въ то отдаленное время, о которомъ не осталось воспоминаній даже въ преданіяхъ мѣстныхъ жителей. Новые колодцы устраиваются слѣдующимъ образомъ: съ страшнымъ трудомъ при помощи ручныхъ инструментовъ выкапывается яма; какъ только пласты мѣлового мергеля пройдены, устраиваютъ изъ акацій ящики въ 2 фута въ поперечникѣ, кладутъ ихъ въ яму одинъ на другой и скрѣпляютъ деревянными гвоздями. Послѣ этого приступаютъ къ буренію послѣдняго пласта бѣлаго песчаника. Эта работа далеко не безопасна: по окончаніи ея, люди должны бѣжать, такъ какъ вода вырывается со страшной силой; колодецъ быстро наполняется до верху, вода течетъ черезъ край, заполняетъ всѣ окрестныя впадины, и мертвая, безжизненная пустыня, точно по мановенію волшебнаго жезла, превращается въ цвѣтущій зеленый садъ. Можно было бы ожидать,

что каждый новый колодезь будетъ ослаблять дѣятельность другихъ, раньше существовавшихъ, но до сихъ поръ этого не замѣчалось, подземные запасы воды, видимо, неистощимы. Я имѣлъ случай наблюдать плодотворное дѣйствіе колодца, прорытаго только шесть мѣсяцевъ назадъ. Миновавъ мертвую пустыню, покрытую пескомъ чуть ли не въ ростъ человѣка, я поднялся на невысокій холмъ, гдѣ билъ ключъ; чистыя воды его стекали по слабо наклоненной поверхности и развѣтвлялись въ цѣлую сѣть прудовъ и каналовъ. Всюду, куда проникали тончайшія нити этой системы, пустыня превращалась въ великолѣпный зеленѣющій лугъ; тутъ и тамъ показались уже ростки акацій и финиковыхъ пальмъ; пройдетъ немного лѣтъ, и этотъ уголокъ станетъ роскошнымъ садомъ.

„Съ полнымъ правомъ можно ожидать еще большаго процвѣтанія оазисовъ, если только будетъ доказано, что число ключей можно увеличивать неограниченно. Въ настоящее время въ оазисѣ Дакхель живетъ около 17,000 человѣкъ, но когда для буренія колодцевъ будутъ пользоваться болѣе совершенными пріемами, требующими меньшей затраты труда, тогда это населеніе можетъ увеличиться въ десять разъ. Доказательствъ не приходится подыскивать: многочисленныя развалины древнеегипетскихъ деревень въ оазисахъ Каргехѣ и Дакхелѣ, великолѣпные храмы изъ песчаниковыхъ плитъ съ прекрасно сохранившимися іероглифами, засыпанные пескомъ колодцы, о существованіи которыхъ свидѣтельствуютъ выдвигающіяся тутъ и тамъ одинокія группы хилыхъ деревьевъ, наконецъ истлѣвшіе пни и стволы, попадающіеся среди песковъ пустыни, — все это краснорѣчивѣе всѣхъ письменныхъ извѣстій говоритъ о процвѣтаніи оазисовъ во времена египетскаго владычества; эти роскошные сады погибли не вслѣдствіе перемѣны физическихъ условій, а вслѣдствіе опустошеній, произведенныхъ самими же людьми“.

Въ Европѣ артезіанскіе колодцы имѣютъ самое широкое распространеніе. Они не только даютъ средство добывать подземную воду для потребностей городовъ, но служатъ также могучею движущею силою. Какъ можно видѣть изъ приведенныхъ выше примѣровъ, артезіанская вода выходитъ на поверхность непрерывнымъ и обильнымъ потокомъ; силою послѣдняго можно пользоваться для различныхъ цѣлей промышленности и сельскаго хозяйства. На сахарныхъ, винокуренныхъ и пивоваренныхъ заводахъ Англіи давно употребляютъ почти исключительно эту воду; она вращаетъ мельничныя колеса и двигаетъ огромные молоты въ фабричныхъ заведеніяхъ. Въ большихъ городахъ она идетъ по подземнымъ трубамъ, — служитъ для орошенія улицъ и бьетъ красивыми фонтанами въ садахъ. Особенное свойство артезіанской воды — постоянная и сравнительно высокая температура — дѣлаетъ возможнымъ примѣненіе ея къ нѣкоторымъ спеціальнымъ цѣлямъ: она служитъ для нагрѣванія оранжерей съ экзотическими растеніями и для наполненія прудовъ, гдѣ содержится рыба, не переносящая крайнихъ колебаній годовой температуры, т. е. зимней стужи и лѣтнихъ жаровъ. Наконецъ, артезіанская вода употребляется и для теплыхъ ваннъ. Такое широкое примѣненіе артезіанскихъ колодцевъ въ домашнемъ обиходѣ и въ фабричной практикѣ объясняется дешевизною этого способа и обиліемъ получаемой воды.

Въ Россіи исторія артезіанскихъ колодцевъ начинается уже съ 1832 г., когда былъ заложенъ колодецъ въ Царскомъ Селѣ, доведенный лишь до 347 фут.; но, не смотря на это, артезіанскіе колодцы имѣютъ у насъ довольно ограниченное распространеніе, и практическое значеніе ихъ не велико, хотя произведенныя до сихъ поръ буренія въ разныхъ мѣстахъ показали, что въ Россіи и особенно въ ея столицахъ, имѣются налицо благопріятныя условія для полученія артезіанской воды.

Въ Петербургѣ заложено нѣсколько буровыхъ скважинъ; изъ нихъ старѣйшая по времени открытія находится во дворѣ Экспедиціи Заготовленія Государственныхъ бумагъ; работы были начаты по предложенію академика Г. Гельмерсена въ 1861 году и окончены подъ руководствомъ горнаго инженера Г. Д. Романовскаго. Колодецъ этотъ, достигающій въ глубину 658 ф. 1 д. (200 м.), въ настоящее время самый большой въ Петербургѣ и его окрестностяхъ; буреніе его не только рѣшило вопросъ о возможности полученія артезіанской воды, но и дало возможность опредѣлить подробности геологическаго строенія мѣстности. Какъ извѣстно, Петербургъ лежитъ въ долинѣ рѣки Невы, имѣющей мѣстами около 10 килом. въ ширину. Эта долина съ сѣвера ограничена Парголовскими, а съ юга — Цар-

скосельскими высотами. Подъ наносными образованіями долины лежитъ слой синей глины съ прослоями песчаника. Царскосельскія высоты образованы горными породами, относимыми къ силурійской системѣ; Парголовскія же высоты сложены, вѣроятно, изъ гранитовъ и гнейсовъ, прикрытыхъ сверху мощною толщею ледниковаго наноса.

Буреніемъ подъ г. Петербургомъ обнаружено три водосодержащихъ слоя: первый былъ встрѣченъ на глубинѣ 26,8 метра на границѣ наносныхъ слоевъ и синей глины. Вода содержала 11,4 частей минеральныхъ веществъ на 10000 частей воды, т.-е. значительно больше невской воды (0,3 ч.); второй водосодержащій слой былъ найденъ на глубинѣ 118 метр., на мѣстѣ встрѣчи синей глины съ прослоемъ сѣраго песчаника; въ 10000 ч. воды этого слоя содержалось уже 22,3 части минеральныхъ веществъ; производительность его была выше перваго слоя; наконецъ, въ третьемъ слоѣ, лежавшемъ на глубинѣ 157,5 м., между синею глиною и бѣлымъ крупнозернистымъ песчаникомъ, было найдено 39,4 минеральныхъ веществъ въ 10000 ч. воды. Вода выходила на поверхность съ значительною силою и обладала температурой 11,^{0}2 Ц. Такъ какъ для питья она оказалась негодною, то за исключеніемъ незначительной доли, потребляемой въ экспедиціи, большая часть ея спускается въ рѣчку Таракановку. Общее количество даваемой колодцемъ воды достигаетъ 250,000 ведеръ въ сутки; въ первый моментъ вода била фонтаномъ, теперь же она поднимается только на нѣсколько дюймовъ надъ поверхностью трубы. Научное значеніе этого колодца было бы весьма важнымъ, если бы буреніе было продолжено нѣсколько дальше. Вопросъ о фундаментѣ дна Петербурга оставался и послѣ этого открытымъ: было неизвѣстно, достигнуто ли буреніемъ коренное мѣсторожденіе гранита, или же порода, захваченная буравомъ, была просто гранитнымъ валуномъ. Только послѣ открытія новаго артезіанскаго колодца на Калинкинскомъ пивоваренномъ заводѣ близъ Екатерингофа проф. А. А. Иностранцевъ подвергнулъ изслѣдованію породу, на которой было остановлено буреніе; послѣдняя оказалась типичнымъ сѣрымъ гнейсомъ съ гранатомъ.

Кромѣ двухъ названныхъ колодцевъ, въ Петербургѣ существуетъ еще нѣсколько; таковы, напр., колодецъ на стеариновомъ заводѣ г. Жукова, противъ Новодѣвичьяго монастыря, колодецъ на дворѣ Воронинскихъ бань на углу Мойки и Фонарнаго переулка и др. Всѣ эти колодцы доставляютъ минеральную воду, негодную для питья.

Любопытна исторія артезіанскаго колодца въ г. Москвѣ. Этотъ городъ лежитъ въ котловинѣ, окруженной со всѣхъ сторонъ значительными возвышенностями: на сѣверо-западѣ и западѣ ее ограничиваетъ Валдайская возвышенность, а на югѣ и юго-западѣ — такъ называемая Орловская возвышенность, простирающаяся отъ г. Витебска до г. Воронежа. На основаніи точнаго изученія геологическаго строенія этой котловины, предусматривалось существованіе водоносныхъ горизонтовъ и предвидѣлась полная возможность полученія артезіанской воды, которая, однако, должна была находиться на значительной глубинѣ (200—220 метр.). Буреніе колодца въ верхней части Яузскаго бульвара, начатое 6 февраля 1867 г., блистательно подтвердило правильность идеальнаго разрѣза Московской котловины, сдѣланнаго горн. инж. Г. Д. Романовскимъ. Буровая скважина прошла тѣ самые пласты, которые ожидались по разрѣзу, и что особенно замѣчательно — почти на той же глубинѣ, на которой предполагалось ихъ встрѣтить. Это было истиннымъ торжествомъ науки. Но, къ сожалѣнію, въ то время, когда оставалось пройти около 35 саж., чтобы достигнуть водоноснаго слоя, произошла поломка бурового снаряда: на днѣ скважины завязло массивное долото съ нѣсколькими сломавшимися штангами, и, не смотря на всѣ старанія, скважину невозможно было исправить: буреніе пришлося прекратить. Оставалось воспользоваться тѣмъ количествомъ воды, которое давалъ колодецъ при его настоящемъ состояніи (вода не достигла поверхности на 6 саж.), но Дума не соглашалась ни на какія новыя затраты; тогда производитель работъ горный инженеръ В. А. Бабинъ рѣшилъ закончить начатое дѣло на собственный рискъ: подъ его руководствомъ былъ устроенъ на берегу рѣки Яузы бассейнъ, и къ нему проведена штольня отъ буровой скважины; по окончаніи работъ колодецъ сталъ давать въ сутки до 200,000 ведеръ прозрачной прѣсной воды съ постоянною температурою около 10^0 Ц.

Кромѣ Петербурга и Москвы, артезіанскіе колодцы существуютъ и въ другихъ мѣстахъ Россіи. Таковы, напр., колодцы въ Старой Руссѣ, дающіе соленую воду (идетъ для выварки соли) и колодецъ въ г. Ревелѣ, заложенный на самомъ берегу моря; прекрасная вода этого колодца бьетъ съ глубины около 90 метр.; слѣдуетъ предположить, что водоносный горизонтъ проходитъ подъ дномъ моря и доставляетъ воду изъ Финляндіи, или же что трещиноватые известняки, образующіе поверхность почти всего Прибалтійскаго края, даетъ стокъ водъ съ площади, лежащей значительно южнѣе.

Въ заключеніе не излишнимъ будетъ упомянуть здѣсь о такъ называемыхъ *отрицательныхъ* или *поглощающихъ* колодцахъ, которые проводятся иногда для удаленія воды съ поверхности. Благодаря такимъ колодцамъ, болота въ окрестностяхъ Марселя были превращены въ плодородныя земли: когда былъ пробуравленъ слой глины, подстилавшій болотистую почву, вода устремилась по буровой скважинѣ и, встрѣтивъ здѣсь трещиноватый известнякъ, ушла въ море, гдѣ эта порода обнажалась. Тамъ, гдѣ геологическое строеніе допускаетъ устройство такихъ колодцевъ, послѣдніе могутъ служить прекраснѣйшимъ средствомъ для удаленія жидкихъ городскихъ нечистотъ.

Перев.

Температура ключей зависитъ отъ глубины, изъ которой они выходятъ. Тѣ источники, которые протекаютъ близко къ поверхности, непосредственно подъ верхнимъ слоемъ почвы (Rasenquellen), подлежатъ ежедневнымъ колебаніямъ температуры: они замерзаютъ зимой и изсякаютъ лѣтомъ; на тѣхъ ключахъ, которые питаются изъ верхнихъ горизонтовъ подземныхъ водъ (Bodenquellen), также отражается смѣна временъ года, и только источники, выходящіе съ значительной глубины (Gesteinsquellen), обладаютъ постоянной температурой воды, почти не зависящей отъ температуры атмосферы.

Водныя жилы, подымающіяся съ значительныхъ глубинъ по трещинамъ или по проведеннымъ буровымъ скважинамъ, даютъ начало *теплымъ* ключамъ, или такъ называемымъ *термамъ*. Этимъ словомъ обозначаютъ уже тѣ источники, температура которыхъ только на одинъ градусъ превышаетъ среднюю температуру воздуха данной мѣстности. Не слѣдуетъ поэтому думать, что термы выдѣляютъ горячую воду; въ полярныхъ странахъ, гдѣ средняя годовая температура лежитъ ниже нуля, „теплыми“ называютъ уже тѣ ключи, температура которыхъ обладаетъ однимъ градусомъ тепла. Такіе источники въ природѣ встрѣчаются нерѣдко. Гораздо рѣже температура ихъ поднимается настолько, что вода дѣлается теплой или даже горячей. Исключительныя условія, при которыхъ возникаютъ эти ключи, представляютъ для геолога большой интересъ.

Источники, обладающіе высокой температурой, должны подниматься съ значительной глубины; горизонты, питающіе ихъ, при самыхъ скромныхъ разсчетахъ залегаютъ на нѣсколько тысячъ футовъ ниже дневной поверхности. Такіе ключи въ большинствѣ случаевъ выходятъ черезъ трещины земной коры; они встрѣчаются въ областяхъ тектоническихъ нарушеній и, подобно вулканамъ и землетрясеніямъ, свидѣтельствуютъ о продолжающихся движеніяхъ земной коры. Выше мы видѣли, что сбросъ, ограничивающій съ запада вѣнскую котловину, сопровождается множествомъ горячихъ ключей, бьющихъ у Бадена, Фёслау и другихъ мѣстахъ; это такъ называемая „вѣнская линія горячихъ ключей“. Точно также знаменитые горячіе ключи сѣверной Чехіи располагаются у южнаго обрыва Саксонскихъ Рудныхъ горъ. Такихъ примѣровъ можно было бы привести очень много. Области дѣйствующихъ и потухшихъ вулкановъ такъ богаты ключами, что о каждомъ изъ нихъ въ отдѣльности не представляется возможнымъ говорить. Извѣстные своею поразительно величественною дѣятельностью ключи Исландіи, Іеллоустонскаго парка въ Сѣверной Америкѣ и Новой Зеландіи могутъ служить примѣрами, хотя можно было бы указать и еще цѣлыя сотни такихъ же образованій. Вообще, невозможно провести границу между изверженіями вулкановъ и явленіями горячихъ ключей. Водяной паръ является главнымъ дѣятелемъ при изверженіяхъ огнедышащей горы, взрывы его вызываютъ наиболѣе грозныя поразительныя явленія; выдѣленія водяного пара и горячей воды не прекращаются даже тогда, когда вулканъ вступаетъ въ стадію покоя. Они продолжаются въ теченіе многихъ сотенъ тысячелѣтій, являясь остаткомъ прежней вулканической дѣятельности. Какъ мы уже знаемъ, вулканы не всегда совпадаютъ съ направленіемъ главныхъ тектоническихъ линій, а встрѣчаются и на поперечныхъ трещинахъ; то же самое слѣдуетъ сказать и о горячихъ ключахъ; такъ, напр., упомянутые выше Чешскіе ключи стоятъ въ связи съ поперечною дислокаціонною линіей.

Остаткомъ вулканической дѣятельности часто служатъ также *выдѣленія газовъ*,

обыкновенно углекислоты*). Часто углекислота выдѣляется по тѣмъ же трещинамъ, по которымъ поднимается и горячая вода; такимъ образомъ получаются горячіе углекислые ключи; нерѣдко газъ пролагаетъ себѣ самостоятельный путь, но, встрѣчая въ высшихъ горизонтахъ холодный ключъ, выдѣляется вмѣстѣ съ нимъ. Этимъ объясняется, почему въ одной и той же мѣстности встрѣчаются другъ подлѣ друга горячіе и холодные источники; такое, напр., явленіе мы наблюдаемъ въ Чехіи, гдѣ ключи Теплица, Карлсбада и Франценсбада принадлежатъ къ первому типу, а ключи Маріенбада и рядъ другихъ — ко второму типу.

Ниже мы приводимъ таблицу, въ которой сведены результаты анализа водъ важнѣйшихъ ключей: 1) Карлсбадскаго Шпруделя, 2) горячаго Гастейнскаго ключа, 3) Пфеферскаго ключа, 4) Висбаденскаго Кохбрунненъ, 5) Эмскаго Кессельбрунненъ, 6) Пирмонтскаго Бродельбрунненъ. Карлсбадскій и Эмскій ключи принадлежатъ къ числу такъ называемыхъ щелочныхъ источниковъ и характеризуются высокимъ содержаніемъ углекислаго кальція и натрія, Висбаденскій можетъ служить примѣромъ ключа, богатаго поваренною солью, а Пирмонтскій принадлежитъ къ типу желѣзистыхъ ключей.

Въ 1000 частяхъ.	1.	2	3.	4.	5.	6.
Углекислаго натра	1,3619	0,0052	0,0061	—	1,4063	—
Углекислаго кальція	0,2978	0,0474	0,1306	0,4180	0,1525	0,8660
Углекислаго магнія	0,1240	0,0036	0,0531	0,0104	0,1147	0,0083
Углекислой соли закиси желѣза	0,0028	0,0068	0,0017	0,0056	0,0024	0,0539
Углекислой соли закиси марганца	0,0006	0,0026	—	0,0006	0,0002	0,0054
Углекислаго барія	—	—	0,0006	слѣды	0,0010	—
Углекислаго стронція	0,0008	—	0,0015	слѣды	0,0014	—
Сѣрнокислаго калія	0,1636	0,0014	0,0075	—	0,0437	0,0160
Сѣрнокислаго натра	2,3721	0,1975	0,0329	—	0,0156	0,0436
Сѣрнокислаго кальція	—	—	—	0,0902	—	0,8668
Сѣрнокислаго магнія	—	—	—	—	—	0,6041
Сѣрнокислаго барія	—	—	—	—	—	0,0003
Сѣрнокислаго стронція	—	—	—	—	—	0,0080
Хлористаго натра	1,0306	0,0476	0,0493	6,8356	1,0313	0,1810
Хлористаго калія	—	—	—	0,1458	—	—
Хлористаго кальція	—	—	—	0,4710	—	—
Хлористаго магнія	—	—	—	0,2039	—	—
Фосфорнокислаго кальція	0,0002	—	—	0,0004	—	0,0000
Фосфорнокислаго аллюминія	0,0004	0,0054	0,0009	—	0,0002	0,0003
Кремнекислоты	0,0728	0,0315	0,0141	0,0599	0,0485	0,0358
Прочихъ составныхъ частей	0,0036	—	0,0006	0,0211	0,0095	0,0037
Общее колич. твердыхъ частей	5,4312	0,3490	0,2989	8,2625	2,8323	2,6936
Углекислоты	0,7604	0,0067	0,0971	0,5082	1,6493	2,8930

*) Отсюда, однако, не слѣдуетъ, что всякое выдѣленіе углекислоты обладаетъ вулканическимъ происхожденіемъ.

Присутствіе углекислоты въ водѣ такихъ „минеральныхъ“ ключей и въ большинствѣ случаевъ высокая температура ихъ объясняютъ, почему они содержатъ въ растворѣ значительное количество солей, явственно ощущаемыхъ даже на вкусъ. Чистая холодная вода только въ слабой степени растворяетъ большинство горныхъ породъ; растворимость послѣднихъ значительно повышается, если вода обладаетъ высокой температурой или содержитъ углекислоту. Горячіе углекислые ключи растворяютъ минеральныя части той породы, по которой они распространяются. Протекая черезъ породы, трудно поддающіяся дѣйствію воды и углекислоты, источники могутъ извлечь изъ нихъ немного твердыхъ частей; такъ, напр., горячіе углекислые ключи Теплица выдѣляются изъ трещины, которая проходитъ въ массахъ кварцеваго порфира, слабо поддающагося разрушенію; вслѣдствіе этого въ названныхъ ключахъ мы находимъ только немного минеральныхъ частей. Такіе ключи называются „безразличными или индифферентными“. То же самое слѣдуетъ сказать о ключахъ Гастейна, Пфеферса и др. (см. вышеприведенную таблицу).

Въ Россіи минеральные ключи имѣютъ широкое распространеніе. Громадное количество ихъ сосредоточено на Кавказѣ и служитъ послѣднимъ отголоскомъ грозной вулканической дѣятельности, которая еще недавно появлялась здѣсь въ широкихъ размѣрахъ. Многіе изъ минеральныхъ источниковъ Кавказа пріобрѣли большую извѣстность своими цѣлебными свойствами. Можно было бы насчитать около сотни ключей, которыми пользуются туземцы, но мы остановимся здѣсь преимущественно на самыхъ извѣстныхъ изъ нихъ.

Горячіе ключи располагаются главнымъ образомъ на сѣверномъ склонѣ Кавказскихъ горъ и обнаруживаются не только у сѣверной, но также и у южной окраины Тереко-Сунженской возвышенности. Нѣкоторые изъ нихъ извѣстны со временъ Петра Великаго и были изслѣдованы со стороны ихъ состава уже при Императрицѣ Екатеринѣ II. Среди этихъ источниковъ можно отмѣтить *Михайловскіе* ключи (Терской области, Чеченскаго округа) при р. Сунжѣ, принадлежащіе къ группѣ „щелочно-соляныхъ“ водъ; два изъ нихъ обладаютъ температурою $55^0 — 68{,}75^0$ (горячіе ключи), а одинъ — температурою $28{,}75^0$ (прохладный источникъ). Еще выше температура „сѣрнистыхъ“ *Горячеводскихъ* (Екатерининскихъ) источниковъ (Терской области, въ 20 в. отъ крѣпости Грозной), достигающая 87^0 — 91^0 Р; эти ключи вытекаютъ со склоновъ Кабардинскихъ горъ и собираются въ небольшомъ бассейнѣ; переливаясь черезъ края послѣдняго и оставляя на пути туфовыя и натечныя образованія, воды ихъ въ видѣ каскада низвергаются съ высоты въ 120 фут. Вода этихъ ключей приводитъ въ движеніе нѣсколько мукомольныхъ мельницъ и, достигнувъ равнины, сохраняетъ еще температуру въ 48^0 Р.

Гораздо больше значенія имѣютъ *Пятигорскія* воды, которыя на относительно небольшомъ пространствѣ, — около 50 верстъ въ окружности, — обладаютъ свойствами всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ на Кавказѣ минеральныхъ водъ. Отличительная черта Пятигорскихъ минеральныхъ источниковъ заключается въ томъ, что каждая отдѣльно взятая группа представляетъ большое разнообразіе въ составѣ воды и въ ея температурѣ. Такъ, напр., „сѣрныя“ воды въ г. Пятигорскѣ имѣютъ температуру отъ 24^0 до 41^0 R. Желѣзноводскіе источники, находящіеся въ 17 верстахъ къ сѣверо-западу, принадлежатъ къ „желѣзисто-щелочнымъ“ водамъ, которыя содержатъ большое количество углекислоты и имѣютъ температуру отъ 12^0 до 41^0 R. Къ западу отъ Пятигорска выступаютъ Ессентукскіе ключи, относящіеся къ „соляно-натровымъ“ ($10{,}62^0 — 13{,}75^0$ R), а къ юго-западу отъ того же города, въ 35 верстахъ отъ него, выбивается изъ земли среди живописной лѣсистой мѣстности „желѣзисто-кислый“ источникъ, — знаменитый Нарзанъ („Богатырскій источникъ“), дающій въ минуту до 88 ведеръ воды. Наконецъ, къ этой же группѣ источниковъ слѣдуетъ присоединить еще горькосоленый ключъ близъ Пятигорска. Къ довершенію выгодъ мѣстности здѣсь находится нѣсколько соленыхъ озеръ, расположенныхъ къ юго-востоку отъ Пятигорска и весьма удобныхъ для лѣчебныхъ купаній.

Направляясь отъ Боржомскихъ воротъ вверхъ по теченію р. Куры и миновавъ мѣстечко Ацхуръ и небольшой городъ Ахалцыхъ, мы достигаемъ Аббасъ-Тумана. Это мѣстечко лежитъ на высотѣ 4,178 фут. надъ уровнемъ моря; природа имѣетъ здѣсь характеръ сѣверныхъ странъ: живописныя поляны чередуются съ березовыми рощами и сосновыми лѣсами. Цѣлебныя свойства Аббасъ-Туманскихъ водъ еще въ средніе вѣка были извѣстны грузинамъ; говорятъ, что уже въ 16 вѣкѣ тамъ находилось поселеніе, и при немъ имѣлись ванны; существуетъ даже сказаніе, будто воины Александра Македонскаго этими водами исцѣлялись отъ своихъ ранъ. Въ 1864 г. здѣсь построенъ госпиталь. Воды Аббасъ-Туманскихъ источниковъ относились къ разряду сѣрныхъ: въ анализѣ Струве 1873 г. было ошибочно показано (вслѣдствіе перестановки запятой) содержаніе сѣры: считалось, что въ 1,000 част воды содершится 0,007 частей сѣры, на самомъ же дѣлѣ содержаніе ея только

0,0007 частей; поэтому правильнѣе считать эти источники „химически-индифферентными“; содержаніе минеральныхъ веществъ въ нихъ вообще незначительно.

Кромѣ Кавказскихъ минеральныхъ ключей, здѣсь можно упомянуть извѣстные слабо-соляные *Старорусскіе* источники (въ Старой Руссѣ, Новгородской губ. — всего пять) и принадлежащіе къ той же группѣ *Друскеникскія* минеральныя воды (въ имѣніи Друскеники, Гродненской губ., — всего 7 источниковъ).

Уже изъ сдѣланнаго обзора видно, что по присутствію тѣхъ или иныхъ минеральныхъ веществъ ключи распадаются на нѣсколько группъ. Мы упоминали о щелочныхъ соляныхъ, желѣзныхъ (или желѣзистыхъ), горькихъ, сѣрнистыхъ и химически-индифферентныхъ источникахъ; если присоединить еще сюда „известковые“ ключи, каковъ, напр., источникъ, расположенный въ 18 верстахъ отъ озера Ала-Куль, въ Семипалатинской области, или Джелалъ-Абатскіе ключи въ Туркестанскомъ краѣ, въ 450 верстахъ отъ Ташкента, то этимъ исчерпывается все разнообразіе состава минеральныхъ ключей. Впрочемъ, такое дѣленіе источниковъ имѣетъ чисто практическое значеніе, и вопросъ о классификаціи ключей съ научной точки зрѣнія представляется до чрезвычайности труднымъ и до сихъ поръ не нашелъ удовлетворительнаго рѣшенія. Можно отмѣтить еще группу такъ называемыхъ „нефтяныхъ источниковъ“, которые выносятъ на поверхность маслянистыя пятна нефти. Такіе ключи въ большомъ количествѣ существуютъ въ окрестностяхъ Баку. На островѣ Челекенѣ въ Каспійскомъ морѣ насчитываютъ до 3,500 такихъ ключей. Практическое значеніе нефтяныхъ источниковъ чрезвычайно велико, такъ какъ они указываютъ на существованіе подземныхъ залежей нефти

Что касается состава минеральныхъ ключей, то онъ измѣняется не только въ большіе промежутки времени, но даже въ теченіи одного и того же года. Типичный примѣръ такихъ измѣненій представляютъ Друскеникскія минеральныя воды: прилагаемая таблица проф. *А. П. Иностранцева*, составленная по годамъ, наглядно убѣждаетъ въ существованіи такихъ измѣненій:

Составныя части.	1835 г.	1867 г.	1871 г.	1881 г.
Хлоръ	26,66%	53,59%	51,89%	59,51%
Натрій	28,50	23,73	19,42	18,00
Кальцій	8,37	10,21	11,75	14,01
Магній	1,99	2,68	3,96	7,16
Сѣрый ангидридъ	0,54	0,27	0,48	0,98
Углекислота	0,88	2,91	—	1,14

Изъ этой таблицы легко усмотрѣть, что въ Друскеникскихъ источникахъ съ теченіемъ времени, т. е. въ періодъ 46 лѣтъ, произошли крупныя измѣненія, выразившіяся замѣщеніемъ натрія кальціемъ и магніемъ. Кромѣ того, измѣнилась и концентрація минеральныхъ водъ: такъ, въ 1835 г. на литръ воды приходилось 5,3 части твердаго остатка, а въ 1881 г. уже 9,9 частей. Другой примѣръ подобныхъ же измѣненій представляетъ артезіанскій колодезь г. Петербурга. Ежедневныя наблюденія въ теченіи цѣлаго года и здѣсь обнаружили колебанія хлора отъ 21,6% до 24,75% съ измѣненіемъ удѣльнаго вѣса въ предѣлахъ отъ 1,0022 до 1,0050, хотя вода получается здѣсь съ глубокихъ водоносныхъ горизонтовъ (200 метр.). Точно также мѣняетъ составъ и концентрація Цѣхоцинскихъ минеральныхъ водъ. Соляные ключи тоже испытываютъ извѣстныя измѣненія и даютъ каждый день не одинаковое количество соли. Наконецъ, нѣкоторые источники совершенно мѣняютъ свой характеръ; такъ, напр., тепло-сѣрные Пятигорскіе ключи, еще въ 1875 г. содержащіе сѣроводородъ, теперь вовсе не имѣютъ его; громадные источники Юцы нынѣ прѣсноводны, между тѣмъ какъ существованіе мощныхъ массъ туфа, образованныхъ ими, несомнѣнно свидѣтельствуетъ, что прежде въ ихъ водѣ содержались минеральныя подмѣси. Всѣ эти данныя указываютъ, что минеральный ключъ не есть что-либо постоянное, и что для подробнаго изученія жизни его необходимы продолжительныя наблюденія и многочисленные анализы.

Перев.

Гейзеры и грязные вулканы.

Едва-ли не самыми замѣчательными и своеобразными горячими ключами являются *гейзеры.* Такъ называются кипящіе ключи, которые дѣйствуютъ съ извѣстными перерывами и, вырываясь изъ-подъ земли черезъ большіе или меньшіе промежутки времени, выбрасываютъ вверхъ огромныя количества воды.

Съ давныхъ временъ такіе ключи извѣстны въ *Исландіи*, гдѣ находится знаменитый *Большой Гейзеръ*, сообщившій названіе всей группѣ явленій. Долина, гдѣ сосредоточивается дѣятельность гейзеровъ, лежитъ на высотѣ около 110 м. надъ уровнемъ моря, у края огромной ледяной пустыни, которая образуетъ возвышенное плоскогоріе отсрова. „На равнинѣ, приблизительно въ 2 мили шириною, простирающейся отъ подножія Бла-фелла до берега моря и теряющейся въ прибрежныхъ болотахъ, у подножія холма, образованнаго сланцеватыми фонолитами и сѣрымъ трахитомъ, лежитъ группа ключей Большого Гейзера; обширная долина покрыта зеленымъ ковромъ роскошной растительности, множество большихъ и малыхъ рѣкъ вьется серебряными лентами. Уже издали путешественникъ видитъ бѣлые пары, поднимающіеся тутъ и тамъ, и мощные столбы дыма, клубами стремящіеся вверхъ. Скоро передъ нимъ развертывается вся система большихъ и малыхъ горячихъ ключей и кипящихъ колодцевъ, располагающихся вдоль трещины, которая идетъ въ сѣверо-сѣверо-восточномъ направленіи.

„Гейзеръ вырывается изъ наносныхъ образованій новѣйшаго происхожденія; онъ окруженъ толстымъ пластомъ кремнистыхъ отложеній; на горизонтальныхъ пластахъ послѣднихъ громоздятся около каждаго изъ кипящихъ ключей то большіе, то малые конусы; въ серединѣ ихъ располагается цилиндрическій каналъ различной ширины, образующій нѣчто въ родѣ глубокаго колодца. Притупленный конусъ Большого Гейзера обладаетъ сѣро-пепельнымъ цвѣтомъ; склоны его падаютъ на востокъ подъ угломъ въ 8 — 10 градусовъ, а на западъ приблизительно подъ угломъ въ 7 градусовъ. На вершинѣ этого конуса видна плоская котловина около 17 м. въ поперечникѣ; въ центрѣ ея располагается самый каналъ, діаметръ котораго достигаетъ приблизительно 6 м., а глубина — 23,5 м. Съ большимъ вѣроятіемъ можно предположить, что каналъ продолжается и далѣе, развѣтвляясь на нѣсколько рукавовъ. Во время покоя котловина наполнена чистою, какъ кристаллъ, зеленоватою водою, которая у поверхности достигаетъ температуры 82^0 Ц. и стекаетъ по восточной сторонѣ конуса тремя небольшими ручейками. Вдругъ раздается подземный шумъ, который въ слабой формѣ напоминаетъ тѣ звуки, которыми сопровождается изверженіе огнедышащей горы. Это явленіе длится нѣсколько секундъ, затѣмъ смолкаетъ и снова повторяется съ повышенной силой. Вода котловинъ вспучивается, изгибаясь въ видѣ выпуклаго свода; появляются пузыри паровъ; они лопаются на поверхности, и вода взлетаетъ на нѣсколько метровъ вверхъ. Затѣмъ все стихаетъ; густой бѣлый паръ окутываетъ нѣкоторое время котловину. Явленіе продолжается въ теченіе дня или больше, и взрывы происходятъ черезъ правильные промежутки времени отъ 20—30 минутъ до 1 часа; вдругъ оно принимаетъ иной характеръ; изъ глубины раздается страшный грохотъ, вода въ котловинѣ сильно вспучивается, начинаетъ вихреобразно кружиться и вздыматься вверхъ; въ серединѣ появляется огромный пузырь пара, и черезъ нѣсколько мгновеній вылетаетъ водяная струя; она поднимается на 80—100 футовъ и разсыпается

въ воздухѣ ослѣпительно бѣлою мельчайшею пылью; водяныя брызги еще не успѣваютъ достигнуть земли, какъ вдругъ вырывается вторая струя, затѣмъ третья; съ каждымъ разомъ онѣ поднимаются все выше и выше. Водяныя струи разлетаются во всѣхъ направленіяхъ, разбрасываются въ стороны, описываютъ дуги, поднимаются вверхъ съ шипѣніемъ и шумомъ, точно ракеты во время фейерверка; огромныя облака паровъ окутываютъ водяные столбы; въ глубинѣ раздается еще глухой ударъ, и въ сопровожденіи массы камней, вырывается послѣдняя огромная струя. Все смолкаетъ: явленіе исчезаетъ, какъ волшебный сонъ передъ утреннимъ пробужденіемъ. Когда вѣтеръ разнесетъ густые пары и вода стечетъ по склонамъ конуса, передъ глазами наблюдателя раскроется лишенная воды котловина, покрытая сѣро-пепельными натеками; въ глубокомъ каналѣ, въ 2 м. отъ его края, вода стоитъ спокойно, какъ и во всякомъ колодцѣ. Нужно видѣть это удивительное зрѣлище, описать его невозможно. Наслажденіе имъ вознаграждаетъ естествоиспытателя за всѣ тѣ лишенія и опасности, которыя онъ перенесъ во время своего труднаго и однообразнаго путешествія" (по *Сарторіусу фонъ-Вальтерсгаузену*).

Кромѣ Большого Гейзера, въ той же мѣстности мы находимъ 40—50 кипящихъ ключей. Среди нихъ едва ли не первое мѣсто занимаетъ *Строкръ* („Маслобойная кадка"). *Прейеръ и Циркель* пишутъ о немъ слѣдующее: „Строкръ лежитъ въ какихъ-нибудь ста шагахъ отъ Большого Гейзера, а между тѣмъ картина его совершенно иная. Онъ не имѣетъ высокаго кремнистаго конуса; его жерло окружается невысокою каймой (до 4 дюймовъ), которая состоитъ изъ бурой твердой накипи. Каналъ Гейзера непосредственно обрывается въ глубину, у поверхности онъ достигаетъ $7^1/_3$ ф. въ поперечникѣ, а на глубинѣ 26 ф. съуживается и обладаетъ шириною въ 1 ф. Вода стоитъ въ немъ въ 10—13 ф. отъ поверхности, непрерывно пѣнится и кипитъ, но не поднимается и не опускается.

„Сдѣлавъ бѣглый осмотръ кипящихъ ключей, мы рѣшили провѣрить, справедливо ли сообщеніе прежнихъ путешественниковъ, которые утверждали, что можно вызвать изверженіе Строкра, набросавъ земли и камней въ нижнія части его канала. Всемеромъ мы принялись тотчасъ же за эту работу. Мы таскали широкія плиты и огромныя глыбы кремнистаго туфа, куски дерна и земли и все это бросали въ жерло гейзера. Мы провели полчаса въ самой напряженной работѣ, но это не вызвало никакихъ измѣненій ни въ высотѣ, ни въ состояніи водяного столба. Такъ какъ было набросано уже очень много земли и камней, то мы отказались отъ удовольствія видѣть изверженіе гейзера и, сильно утомленные, отправились въ селеніе Лаугаръ отстоящее въ 4 минутахъ пути.

„Когда мы снова пошли къ гейзерамъ, вдругъ донесся до нашего слуха шумъ, и въ томъ мѣстѣ, гдѣ лежитъ Строкръ, съ неописуемой силой поднялся вверхъ мощный столбъ пара. За нимъ послѣдовали огромныя струи воды, окутанныя густыми облаками паровъ; съ страшнымъ ревомъ вырывались онѣ изъ жерла и поднимались на огромную высоту. Онѣ не успѣвали еще падать на землю, но гейзеръ выбрасывалъ съ еще болѣе оглушительнымъ шумомъ новые водяные снопы. По временамъ замѣчался короткій перерывъ, но послѣ этого во всѣхъ направленіяхъ съ шипѣніемъ вылетали струи кипящей воды, прорывая окутывавшій ихъ паръ. Высота, до которой онѣ поднимались, была различна и достигала 80—100 ф. Вслѣдствіе подмѣси земли и дерна вода обладала буро-желтымъ цвѣтомъ шоколада; камни, которые мы бросали раньше въ каналъ, поднялись на такую страшную высоту, что исчезли изъ нашихъ глазъ.

Нѣкоторые изъ нихъ летѣли въ вертикальномъ направленіи, падали обратно въ жерло и, точно мячики, снова подпрыгивали вверхъ. Наконецъ, изверженіе стало ослабѣвать, высота водяныхъ столбовъ понижаться. Вылетѣло еще нѣсколько струй, которыя съ быстротою молніи поднялись высоко вверхъ, и затѣмъ минутъ черезъ 6 все успокоилось. Теперь уже гейзеръ не представлялъ опасности; мы приблизились къ нему и съ любопытствомъ разсматривали кратеръ, дно котораго было совсѣмъ залито горячей красной водой. Кто страдаетъ головокруженіемъ, тотъ не долженъ близко подходить къ краю; мѣстные крестьяне разсказывали, что иногда коровы, лошади и овцы падали въ каналъ гейзера и выбрасывались совершенно сваренными.

„Вода стояла ниже, чѣмъ до изверженія, и сильно кипѣла; иногда поверхность его вспучивалась въ видѣ полушара; казалось, она сейчасъ станетъ подниматься, но пузыри лопались, и все успокаивалось. Приблизительно въ 150 шагахъ отъ Большого Гейзера лежитъ множество прудовъ, прелести которыхъ едва ли возможно описать. Очертанія ихъ неправильны, ширина 15—20 ф., глубина—30 ф.; эти пруды наполнены до самаго верха совсѣмъ спокойною, чуть-чуть кипящею водою; она чиста, какъ кристаллъ, и настолько прозрачна, что черезъ нее можно видѣть все дно. Нѣкоторыя котловины отдѣлены другъ отъ друга узкими простѣнками, которые образованы кремнистыми натеками; бѣлые зубцы и спицы фантастически одѣваютъ стѣны этихъ гротовъ; свѣтъ, отраженный отъ воды, сообщаетъ имъ голубоватую или зеленоватую окраску. Вблизи гротовъ располагается Малый Строкръ, который черезъ каждые полчаса выдѣляетъ огромныя количества пара и выбрасываетъ воду на 6—10 футовъ. Каждое такое изверженіе длится приблизительно 30 секундъ.

„Воды всѣхъ кипящихъ ключей выдѣляютъ кремнекислоту, которая, благодаря высокой температурѣ и сильному давленію, извлекается изъ горныхъ породъ; она отлагается въ формѣ туфовъ и накипей *). На далекомъ разстояніи отъ этихъ ключей поверхность покрыта толстою корою такихъ отложеній; изъ нихъ же состоятъ кратеры и каналы гейзеровъ. Ручьи, которые вытекаютъ изъ жерла, отлагаютъ также на своемъ днѣ и у береговъ кремнистую накипь, которая состоитъ изъ тонкихъ, точно бумага, волнообразно расположенныхъ другъ на другѣ слоевъ. Всѣ тѣла, которыя попадаютъ въ воду такихъ ручьевъ, облекаются въ короткое время толстою или тонкою корою; вблизи гейзеровъ находится множество окременѣлыхъ остатковъ растеній. Нѣжнѣйшіе нервы березовыхъ и ивовыхъ листьевъ, тончайшія бороздки на поверхности хвощей даютъ точнѣйшіе отпечатки. Многочисленные остатки травы и вѣтвей ползучихъ кустарниковъ, даже цвѣтовъ, превосходно сохраняются внутри туфовъ.

---

*) По одному изъ анализовъ *Зандбергера,* воды Большого Гейзера обладаютъ слѣдующимъ составомъ:

Кремнекислоты	0,5097	процента.
Углекислаго натра	0,1939	„
Углекислаго аммонія	0,0083	„
Сѣрнокислаго натра	0,1070	„
Сѣрнокислаго калія	0,0475	„
Сѣрнокислаго магнія	0,0042	„
Хлористаго натра	0,2521	„
Сѣрнистаго натра	0,0088	„
Углекислоты	0,0557	„
Воды	0,8128	„
	100,0000	процентовъ

Занятые собираніемъ этихъ нѣжныхъ образованій, мы вдругъ были поражены сильнымъ самостоятельнымъ изверженіемъ Строкра, наблюдать которое удавалось только немногимъ изъ прежнихъ путешественниковъ. Позади насъ раздался подземный грохотъ, и около Строкра съ быстротою стрѣлы поднялись въ воздухъ столбы густыхъ бѣлыхъ паровъ. Они окутывали цилиндрическую струю воды, достигавшую, по крайней мѣрѣ, 10 футовъ въ поперечникѣ; точно огромная пинія, расплывалась она на высотѣ и разсыпалась мелкою, ослѣпительно бѣлою пылью, летѣвшею во всѣхъ направленіяхъ. Съ такою же быстротою эта струя упала и затѣмъ съ страшнымъ ревомъ быстро поднялась опять на недосягаемую для глаза высоту. Изъ густой оболочки паровъ, точно ракеты, вылетали другія струи; онѣ описывали въ воздухѣ дугу и разсыпались также серебряною пылью, которая еще долго падала на землю. Неизмѣримо огромныя тучи паровъ окутывали гейзеръ во все время изверженія. Иногда казалось, что подземныя силы истощились, и что струя должна разорваться, но проходило мгновеніе, грохотъ усиливался, и съ удвоенною скоростью вода поднималась еще выше. Сила паровъ была такъ велика, что, не смотря на довольно значительный вѣтеръ, струи поднимались почти въ вертикальномъ направленіи. Это чудное явленіе длилось почти пятнадцать минутъ, сила гейзера истощилась, водяные столбы упали, и изверженіе было кончено; наибольшая высота, до которой поднимались воды, достигала 140 ф.“

Для объясненія этихъ явленій было предложено нѣсколько теорій. Мэкензи предполагалъ существованіе подземныхъ пустотъ, которыя играютъ роль какъ бы парового котла и періодически наполняются горячею водою и паромъ; отсюда изверженіе распространяется по системѣ каналовъ, соединяющихся съ жерломъ гейзера. Это объясненіе, развитое впослѣдствіи Кругомъ фонъ-Нидда и Бишофомъ, не можетъ быть примѣнено ко всѣмъ случаямъ; прежде всего оно не согласуется съ тѣми явленіями, которыя точно наблюдались въ Большомъ Гейзерѣ. На основаніи послѣднихъ явленій *Бунзенъ* и построилъ свою прекрасную гипотезу, которая оправдывается не только съ теоретической стороны, но можетъ быть подтверждена и лабораторными опытами.

Эта теорія основана главнымъ образомъ на измѣреніяхъ температуры различныхъ частей водяного столба Большого Гейзера въ промежуткѣ между двумя изверженіями. Результаты этихъ измѣреній, произведенныхъ *Бунзеномъ*, совмѣстно съ *Деклуазо*, представлены съ слѣдующей таблицѣ:

6 іюля 8 ч. 20 м. пополудни		7 іюля 2 ч. 55 м. пополудни		7 іюля 7 ч. 58 м. пополудни	
Высота надъ поверхностью дна	Температура	Высота надъ поверхностью дна	Температура	Высота надъ поверхностью дна	Температура
0 м.	123,6° С.	0 м.	127,5° С.	0 м.	126,5° С
4,8 „	122,7° „	5 „	123,0° „	—	—
9,6 „	113,0° „	9 „	120,4° „	9,85 „	121,8° „
14,4 „	85,8° „	14,75 „	106,4° „	14,75 „	110,0° „
19,2 „	82,6° „	19,55 „	85,2° „	19,55 „	84,7° „

Отсюда видно: 1) что температура водяного столба уменьшается по направленію снизу вверхъ, 2) если пренебречь незначительными уклоненіями, то во всѣхъ точкахъ столба температура тѣмъ выше, чѣмъ болѣе протекло времени съ момента послѣдняго изверженія, 3) даже за нѣсколько минутъ передъ изверженіемъ вода не дости-

гаетъ точки кипѣнія, соотвѣтствующей давленію атмосферы и столба воды на мѣстѣ наблюденія *). Въ томъ мѣстѣ, гдѣ притокъ теплоты происходитъ всего сильнѣе,— у Большого Гейзера приблизительно въ нижней трети его канала,—давленіе водяного столба преодолѣвается раньше, чѣмъ въ другихъ частяхъ, и нѣкоторое количество воды обращается въ паръ. Образуются пузыри пара, которые, поднимаясь вверхъ, производятъ шумъ и вспучиваніе водяной поверхности. Вслѣдствіе образованія паровъ, теплота затрачивается, и температура соотвѣтствующаго слоя понижается: послѣ каждаго изверженія должно пройти нѣкоторое время, чтобы дальнѣйшій притокъ теплоты могъ вызвать образованіе новыхъ пузырей пара. Температура всей водяной колонны мало-по-малу повышается; пары выдѣляются все стремительнѣе — и, наконецъ, ихъ напряженіе увеличивается настолько, что верхняя часть водяного столба поднимается и паръ вырывается наружу. Это влечетъ за собою быстрое уменьшеніе давленія; перегрѣтая вода мгновенно обращается въ паръ и вызываетъ изверженіе. Вода, поднимающаяся вверхъ, охлаждается; часть ея, падая въ жерло гейзера, понижаетъ температуру и препятствуетъ дальнѣйшему вскипанію. Гейзеръ мало-по-малу наполняется поднимающеюся снизу горячею водой, и процессъ повторяется ритмически. Такъ какъ количество и температура притекающей воды, длина канала и величина охлаждающейся поверхности кратера у разныхъ гейзеровъ различна, то сила изверженій и ихъ продолжительность, а также и продолжительность періода покоя должны быть различны.

Эта глубокая и въ тоже время простая теорія прекрасно объясняетъ явленія, происходящія въ Большомъ Гейзерѣ; является вопросъ, возможно ли примѣнить объясненіе Бунзена къ горячимъ ключамъ Новой Зеландіи и Іеллоустонскаго парка.

Гейзеры *Новой Зеландіи* были подробно изслѣдованы Гохштеттеромъ. Многочисленные кипящіе ключи, сольфатары, грязные фонтаны и т. п. сосредоточиваются на сѣверномъ островѣ и образуютъ поясъ, въ центрѣ котораго располагается озеро Таупо, и который направляется отсюда на сѣверо-востокъ къ заливу Пленти. Къ числу наиболѣе замѣчательныхъ явленій этой мѣстности принадлежатъ *ключи долины Вайкато* у Орокайкорако (см. рис. 275). Вотъ какъ описываетъ ихъ *Гохштеттеръ:*

„24 апрѣля 1859 г. За ночь погода успокоилась. Рано утромъ густой туманъ лежалъ надъ Вайкато, но скоро солнце привѣтливо освѣтило долину—и чудное зрѣлище открылось передъ нами! Рѣка Вайкато бурно стремится по узкой и глубокой долинѣ, которая вьется между крутыми обрывами горъ; воды ея пѣнятся и клубятся около двухъ маленькихъ скалистыхъ островковъ, выдвигающихся среди ея ложа, и брызги съ шумомъ разлетаются по долинѣ. Берега окутаны бѣлыми облаками пара, которыя поднимаются отъ горячихъ водопадовъ, низвергающихся въ рѣку, и отъ котловинъ, наполненныхъ кипящею водою и обрамленныхъ поясомъ бѣлыхъ камней. Кипящіе фонтаны подымаются въ высоту и падаютъ опять внизъ, появляются то на томъ, то на другомъ мѣстѣ; иногда бьютъ два ключа одновременно, — одинъ на самомъ берегу рѣки, другой — на одной изъ противоположныхъ террассъ. Игра этихъ ключей представляетъ своеобразно прихотливую картину, и зрителю порою кажется, будто онъ присутствуетъ при опытахъ съ величественнымъ произведеніемъ человѣческаго искусства, будто здѣсь пробуютъ, въ порядкѣ ли фонтаны и достаточно ли воды для каскада. Я сталъ пересчитывать мѣста, гдѣ виднѣлись кипящія котловины или гдѣ выдѣлялись пары. Я насчиталъ 76 такихъ точекъ, но далеко не исчерпалъ всего, что

---

*) Извѣстно, что при повышеніи давленія возвышается и точка кипѣнія воды.

представляетъ эта мѣстность. Многіе изъ этихъ любопытныхъ ключей проявляютъ дѣятельность, подобно гейзерамъ, и производятъ періодическія изверженія воды.

„Огромная каменистая площадь, образованная бѣлой кремнистой накипью и достигающая 120 шаговъ въ длину и ширину, покато спускается отъ подножія Тутуканскихъ горъ къ Вайкато. На этой площади извергаются горячіе пары и бьютъ гейзеры; сюда относятся нѣкоторые изъ наиболѣе замѣчательныхъ и значительныхъ ключей всей области, въ томъ числѣ и извѣстный Пуиа-те-мими-а-хомайтеранге. Наблюдая перемежающуюся дѣятельность этого ключа, мы убѣдились, сколько требуется осторожности отъ путешественника, который впервые приближается къ этому мѣсту и не имѣетъ съ собою опытнаго проводника. Два моихъ товарища

Рис 275. Горячіе ключи и гейзеры въ Оракайкорако на Новой Зеландіи. (По Гохштеттеру.)

хотѣли рано утромъ выкупаться въ водахъ Вайкато; они сняли уже платье и положили его вблизи котловины, наполненной кипящей водой. Вдругъ они услышали позади сильные раскаты и увидали, что вода въ ключѣ начинаетъ подниматься. Въ ужасѣ бросились они назадъ и едва-едва не были облиты кипящей водой: въ этотъ моментъ изъ котловины съ шумомъ и шипѣніемъ вырвалась косая струя, поднявшаяся до 20 футовъ въ высоту. Еще больше ужасовъ разсказывали мои спутники о своихъ приключеніяхъ близъ коварнаго гейзера; когда я прибылъ на мѣсто, то все было уже спокойно, и въ обширной котловинѣ, достигавшей 4 — 5 ф. въ поперечникѣ, прозрачная, какъ кристаллъ, вода только слегка волновалась. Первое изверженіе, которое привелось мнѣ наблюдать, произошло въ 11 часовъ 20 минутъ утра. Передъ изверженіемъ котловина наполнилась до самаго края. Изъ глубины ея доносилось громкое бульканье, вода начинала все сильнѣе кипѣть, и вдругъ вырвалась струя, направившаяся къ юго-юго-востоку подъ угломъ въ 70° и поднявшаяся на 20—30 ф. въ высоту. Съ шипѣніемъ и свистомъ вылетѣли изъ котловины вмѣстѣ съ водою огромныя массы паровъ, скрывшія отъ моихъ глазъ водяные

снопы. Явленіе длилось $1^1/_2$ минуты, затѣмъ сила изверженія стала ослабѣвать, вода поднималась только на 1—2 ф., черезъ двѣ минуты послышалось слабое клокотаніе — и игра гейзера прекратилась. Подойдя къ котловинѣ, я увидѣлъ, что она совершенно пуста: передо мною раскрывалось воронкообразное углубленіе, глубиною около 8 ф.; изъ него съ шипѣніемъ выдѣлялся паръ. Но мало-по-малу вода стала опять подниматься, черезъ 10 минутъ котловина наполнилась снова; около 1 часа 36 минутъ пополудни произошло второе изверженіе, а около 3 часовъ 10 минутъ—третье; оба я имѣлъ случай наблюдать. Повидимому, изверженія повторяются черезъ каждые 2 часа; эти гейзеры, какъ и всѣ окрестные ключи, отлагаютъ кремнистую накипь; свѣжіе осадки напоминаютъ желатинъ и, постепенно отвердѣвая, превращаются въ легко растирающуюся и напоминающую песокъ массу. Наконецъ, образуются пласты твердой породы, располагающіеся другъ на другѣ и обладающіе въ различныхъ мѣстахъ различнымъ цвѣтомъ и строеніемъ.

„Главный источникъ, которому обязана своимъ присхожденіемъ вся эта огромная котловина, лежитъ у самаго подножія холмовъ; это огромный ключъ, вода котораго постоянно кипитъ и вздымается до 2 — 3 футовъ; температура ихъ 98° Ц. Мой проводникъ разсказывалъ, что послѣ землетрясенія въ Веллингтонѣ въ 1848 году этотъ ключъ въ теченіе двухъ лѣтъ проявлялъ дѣятельность гейзера, выбрасывалъ струи до 100 футовъ вышиною (цыфра нѣсколько преувеличена) и съ страшной силой извергалъ огромные камни, которые бросалъ въ его отверстіе.

Другая не менѣе замѣчательная область Новозеландскихъ гейзеровъ принадлежитъ къ тому-же поясу; это озеро *Ротомахана*, расположенное почти по серединѣ между озеромъ Таупо и берегомъ. Чудныя террассы этого озера, какъ уже мы упоминали выше (281 стр.), были уничтожены во время опустошительнаго изверженія Тараверы въ 1886 году, и вслѣдствіе появленія трещины, достигавшей 15 км. въ длину, и гидротермическихъ изверженій, вся мѣстность пріобрѣла неузнаваемый видъ. Тѣмъ болѣе интереса представляетъ прекрасное описаніе этой мѣстности, сдѣланное *Гохштеттеромъ*.

„Первое впечатлѣніе, производимое этимъ небольшимъ грязно-зеленымъ озеромъ съ его болотистыми берегами, не соотвѣтствуетъ ожиданіямъ путешественника, который слышалъ столько чудесъ объ этой странѣ. Ей недостаетъ той живописности, которая сразу приковываетъ взоры, и то, что дѣлаетъ эту мѣстность самою замѣчательною въ Новозеландіи и даже во всемъ свѣтѣ, остается на первое время скрытымъ. Только облака паровъ, всюду подымающіяся съ поверхности, заставляютъ ожидать чего-то необыкновеннаго.

„Мы высадились на утесистомъ островкѣ Пуаи, одиноко выдвигающемся среди озера; нѣсколько хижинъ, построенныхъ на этой скалѣ, служатъ пристанищемъ для посѣтителей. Кому не извѣстно, что здѣсь живали люди по цѣлымъ недѣлямъ, тотъ врядъ-ли рѣшится провести одну ночь въ этомъ мѣстѣ. Уже бѣглый осмотръ острова не сулитъ ничего утѣшительнаго. Путешественнику кажется, будто онъ перенесенъ въ средину дѣйствующаго кратера: кругомъ слышится непрерывное шипѣніе и свистъ; вода клокочетъ и кипитъ; почва горяча. Въ первую ночь я, страшно перепуганный, вскочилъ съ постели: несмотря на толстый слой папоротниковъ, положенныхъ на полъ, и на шерстяное одѣяло, которое служило мнѣ постелью, я чувствовалъ, что почва нагрѣвается до невыносимости. Я разыскалъ термометръ, сдѣлалъ палкой углубленіе въ мягкой глинистой почвѣ и вставилъ его туда; ртуть

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ТЕРРАССЫ КРЕМНИСТАГО ТУФА, ОБРАЗОВАННЫЯ ИСТОЧНИКОМЪ ТЕТАРАТА ВЪ НОВОЙ ЗЕЛАНДІИ.

(По Гохштеттеру.)

мгновенно поднялась до точки кипѣнія, и когда я вынулъ градусникъ, изъ отверстія, гдѣ онъ стоялъ, съ шипѣніемъ вырвался паръ; я поспѣшилъ заткнуть эту дыру. Островъ представляетъ разрушенную газами и парами скалу; она покрыта множествомъ трещинъ, размягчена горячими водами озера и каждую минуту грозитъ полнымъ уничтоженіемъ. Кругомъ пѣнится горячая вода, и всюду вырывается паръ; по совѣту мѣстныхъ жителей, мы пользовались имъ для нагрѣванія пищи. Стоитъ только выкопать въ землѣ небольшую яму или даже просто снять кору съ существующихъ уже трещинъ, — и печь готова: въ выдѣляющихся изъ земли парахъ можно сварить картофель и мясо.

„Ротомахана, одно изъ самыхъ незначительныхъ озеръ этой мѣстности, съ полнымъ правомъ носитъ названіе „горячаго озера“: огромное количество кипящей воды выдѣляется у береговъ и на днѣ и нагрѣваетъ все озеро. Температура въ различныхъ мѣстахъ неодинакова: тамъ, гдѣ появленіе пузырей на поверхности свидѣтельствуетъ о присутствіи горячихъ ключей на днѣ озера, термометръ показываетъ 30—40° Ц., а около устьевъ нѣсколькихъ холодныхъ ключей—15—20° Ц.; средняя температура достигаетъ 26°. Купаясь въ озерѣ и отплывъ на нѣкоторое разстояніе отъ берега, можно непосредственно чувствовать эту перемѣну температуры; впрочемъ, слѣдуетъ быть осторожнымъ и не подходить близко къ горячимъ ключамъ.

„Особенный интересъ представляетъ восточный берегъ: здѣсь лежатъ наиболѣе значительные ключи, которымъ озеро обязано своимъ наименованіемъ и которые вообще принадлежатъ къ числу самыхъ замѣчательныхъ ключей во всемъ свѣтѣ. У сѣверо-восточнаго конца озера располагается Тетарата („Татуированный“); этотъ кипящій ключъ съ его террассами кремнистаго туфа, распространяющимися далеко по озеру,—едва-ли не самое удивительное изъ всѣхъ чудесъ Ротомаханы (см. рис. на особомъ листѣ „Террассы кремнистаго туфа, образованныя источникомъ Тетарата“). Главный бассейнъ этого источника лежитъ на высотѣ 80 ф. надъ уровнемъ озера на склонѣ заросшаго папоротникомъ холма; почва послѣдняго мѣстами обнажается и выдѣляетъ пары; отлагающаяся здѣсь окись желѣза сообщаетъ ей красный цвѣтъ. Бассейнъ Тетараты представляетъ кратероподобную котловину, открывающуюся на западъ; крутыя стѣны его изъ красной разрушенной глины достигаютъ 30—40 футовъ въ вышину. Ширина бассейна—60 футовъ, длина—80 футовъ; до самаго края онъ наполненъ чистою и прозрачною водою; свѣтъ, отражающійся отъ бѣлоснѣжныхъ натековъ, которые обрамляютъ бассейнъ, сообщаетъ ей ярко-голубой цвѣтъ бирюзы или опала. У берега котловины вода имѣла при моемъ посѣщеніи около 83° Ц.; на серединѣ бассейна она вздымалась на нѣсколько футовъ вверхъ и находилась въ кипящемъ состояніи. Огромныя облака паровъ, отражающія синеву водъ, клубятся вверхъ и не позволяютъ видѣть всей поверхности котловины; но зато ухо слышитъ непрерывное клокотаніе кипящей воды Туземецъ Акутина, служившій мнѣ проводникомъ, увѣрялъ, что иногда вся масса воды, находящаяся въ бассейнѣ, выбрасывается вверхъ; въ это время кратеръ, достигающій около 30 футовъ въ глубину, остается надолго пустымъ; вслѣдъ затѣмъ онъ опять быстро наполняется водою. Было-бы чрезвычайно интересно провѣрить это показаніе: если оно справедливо, то Тетарата — ничто иное, какъ гейзеръ, дѣйствующій съ большими промежутками и по силѣ своихъ изверженій, быть можетъ, не уступающій знаменитому Большому Гейзеру Исландіи. Бассейнъ Тетараты даже больше, а потому масса выбрасываемыхъ имъ водъ должна быть громадна.

„Вода этого источника обладаетъ рѣзко выраженнымъ свойствомъ облекать своими отложеніями все, что въ нее попадаетъ. Подобно исландскимъ гейзерамъ, она заключаетъ въ растворѣ кремнеземъ. Падая по склонамъ холма, источникъ образовалъ систему террассъ, которыя кажутся выточенными изъ мрамора; картина до того великолѣпна, что впечатлѣніе, производимое ею на зрителя, трудно передать словами. Чудится, будто стоишь передъ водопадомъ, который мгновенно окаменѣлъ при своемъ паденіи. Необходимо подняться на эти величественныя ступени и разсмотрѣть всѣ подробности ихъ строенія, чтобы имѣть полное представленіе объ удивительномъ сооруженіи природы. Обширное подножіе холма скрывается въ водахъ озера Ротомаханы; террассы ничинаются низкими уступами, на вершинѣ которыхъ располагаются мелководныя котловины; чѣмъ выше, тѣмъ величественнѣе становятся эти террассы и достигаютъ, наконецъ, 2—3, а нѣкоторыя 4—6 футовъ; онѣ образованы полукруглыми котловинами, лежащими на разной высотѣ. Каждая изъ такихъ ступеней имѣетъ небольшой возвышенный край, съ котораго падаютъ внизъ нѣжные сталактиты, и болѣе или менѣе обширную платформу, на которой располагается одно или нѣсколько озеръ съ прекрасной голубой водой. Послѣднія представляютъ рядъ естественныхъ бассейновъ, весьма удобныхъ для купанья; самый изысканный вкусъ, взлелѣянный въ утонченной роскоши, не съумѣетъ придумать ничего болѣе великолѣпнаго и болѣе удобнаго. Здѣсь можно найти и болѣе глубокіе и болѣе мелкіе бассейны и, смотря по желанію, купаться въ болѣе теплой или болѣе холодной водѣ: на уступахъ, расположенныхъ ближе къ главному бассейну, вода теплѣе, чѣмъ на болѣе низкихъ ступеняхъ этой чудной лѣстницы. Нѣкоторыя изъ котловинъ настолько глубоки и обширны, что въ нихъ свободно можно плавать. Подымаясь вверхъ по уступамъ, приходится идти по горячей водѣ, которая выступаетъ изъ бассейновъ, распространяется по платформамъ, но рѣдко достигаетъ ихъ краевъ. Кипящихъ водопадовъ, низвергающихся съ террассы на террассу, мы здѣсь не находимъ; они образуются только въ видѣ исключенія во время особенно сильныхъ изверженій воды; обыкновенно только ничтожныя количества воды переливаются черезъ края террассъ, главная же масса ея стекаетъ съ нижней стороны и образуетъ здѣсь горячій ручей, съ поверхности котораго подымаются обильные пары. Достигнувъ высшей террассы, путешественникъ попадаетъ на обширную площадку, покрытую множествомъ котловинъ глубиною въ 6 — 7 фут.; вода, наполняющая ихъ, достигаетъ 30°—50° Ц. Среди этой площадки, почти у самаго края главнаго бассейна, выдвигается скалистый островъ, вышиною около 12 футовъ; онъ весь заросъ мелкимъ кустарникомъ, мохомъ, плаунами и папоротниками; не подвергаясь никакой опасности, можно взобраться на него и смотрѣть оттуда на разстилающееся ниже голубое кипящее озеро. Бѣлизна кремнистыхъ потоковъ, рѣзко выступающая на фонѣ зеленой растительности и голубыхъ водъ, ярко-красныя стѣнки кратера, — все это вмѣстѣ представляетъ картину, подобную которой нельзя найти во всемъ свѣтѣ“.

Явленія въ родѣ описанныхъ въ огромномъ числѣ повторяются на всемъ протяженіи между озеромъ Таупо и бухтой Пленти. Хотя ни одинъ изъ ключей нельзя сравнить по силѣ дѣйствія съ Большимъ Гейзеромъ Исландіи, но въ общемъ горячіе ключи на Новой Зеландіи достигаютъ болѣе мощнаго развитія. Но величественныя явленія обѣихъ названныхъ областей блѣднѣютъ передъ гейзерами *Іеллоустонскаго Національнаго парка* въ Сѣверной Америкѣ. Этотъ волшебный уголокъ, несомнѣнно вулканическаго происхожденія, располагается на границѣ Віоминга и Монтаны, въ области истоковъ Іеллоустона, Мадисона и Снэка, на высотѣ 2300 — 2670 м. надъ

уровнемъ моря; нѣсколько десятковъ лѣтъ назадъ онъ былъ вовсе неизвѣстенъ ученому міру. Возможно, что отважные искатели золота уже давно заглядывали въ эти недоступныя области и любовались величественными столбами воды и паровъ, вырывающимися здѣсь изъ-подъ земли и подымающимися до 80 м. вверхъ. Но только въ 1869 году Кукъ и Фольсомъ сдѣлали первое сообщеніе объ этой замѣчательной мѣстности. Геологическій Комитетъ въ Вашингтонѣ немедленно (въ 1871 г.) снарядилъ экспедицію для геологическаго и географическаго изслѣдованія страны; руководство работами было возложено на Гайдена, подъ начальствомъ котораго и была выполнена возложенная на экспедицію задача. Такимъ образомъ еще нѣсколько лѣтъ назадъ въ эту мѣстность отваживались путешествовать только хорошо организованныя экспедиціи, но теперь она доступна для всякаго, такъ какъ сюда проведена уже вѣтвь сѣверной Тихоокеанской желѣзной дороги. Эта замѣчательная область горячихъ ключей объявлена собственностью государства и названа Національнымъ паркомъ; этимъ она защищена отъ вандальскаго разрушенія и разграбленія съ цѣлью наживы.

Въ наиболѣе изслѣдованной части Національнаго парка число горячихъ ключей достигаетъ 7000. Среди послѣднихъ насчитываютъ 84 настоящихъ гейзера, періодически производящихъ изверженія и отлагающихъ кремнеземъ (см. рис. 276). Нѣкоторые изъ нихъ превосходятъ грандіозностью своей дѣятельности исландскіе гейзеры и выбрасываютъ струи до 80 метр. въ вышину. Однимъ изъ самыхъ величественныхъ гейзеровъ Iеллоустонскаго парка является „Великанъ“ (Giant), конусъ котораго достигаетъ 3 м. въ высоту и 5,5 м. въ поперечникѣ. Періодъ покоя его продолжается въ большинствѣ случаевъ 3 дня; на четвертый день происходитъ изверженіе, длящееся до $3^1/_2$ часовъ и сопровождающееся выбрасываніемъ столбовъ воды до 40 метр. въ высоту. Изверженіе оканчивается стремительнымъ выдѣленіемъ пара. Такой же характеръ носитъ дѣятельность „Великанши“ (Giantess), проявляющаяся съ еще большею силою. Паузы у этого гейзера также неодинаковы и длятся иногда нѣсколько дней; за ними слѣдуютъ изверженія съ перерывами въ нѣсколько часовъ. Главныя массы воды подымаются на 18 метр., а мелкія струи—до 80 метр. Изверженія „Замка“ (Castle-Geiser), названнаго такъ по сходству его кремнистаго конуса съ развалинами замка (см. рис. 276), начинаются громкимъ клокотаніемъ, но вода подымается по большей части невысоко; взрывъ оканчивается обильнымъ выдѣленіемъ паровъ. „Улей“ (Beehive, см. рис. 277) обладаетъ небольшимъ чрезвычайно правильнымъ конусомъ, изъ котораго однажды въ день вырывается величественная водяная струя до 60 м. въ высоту. „Старый Служака“ (Old Faithfull) выбрасываетъ съ поразительною правильностью черезъ каждыя 50—70 минутъ мощную струю въ 32 и даже въ 42 метра высотою (см. рис. 278). На ряду съ перечисленными гейзерами можно было бы отмѣтить еще цѣлый рядъ другихъ не менѣе замѣчательныхъ и любопытныхъ; здѣсь мы видимъ примѣры самой разнообразной дѣятельности и наблюдаемъ множество переходовъ отъ мощныхъ и величественныхъ гейзеровъ до такихъ незначительныхъ, каковъ, напр., „Минутный Человѣкъ“, дѣйствующій почти безостановочно и выбрасывающій черезъ каждыя $^1/_2$—$3^1/_2$ минуты струю въ 7 метровъ высотою. Все это даетъ право Iеллоустонскому парку считаться „страною чудесъ“; ничего подобнаго ей мы не знаемъ на поверхности всей земли (см. рис. 279) *).

*) На русскомъ языкѣ имѣется подробное описаніе Iеллоустонскаго парка. Это—„Прогулка въ страну чудесъ“ А. П. Кирпотенко. СПБ. 1896 г. Изд. М. М. Ледерле. Изложеніе общедоступное, много рисунковъ. *Прим. перев.*

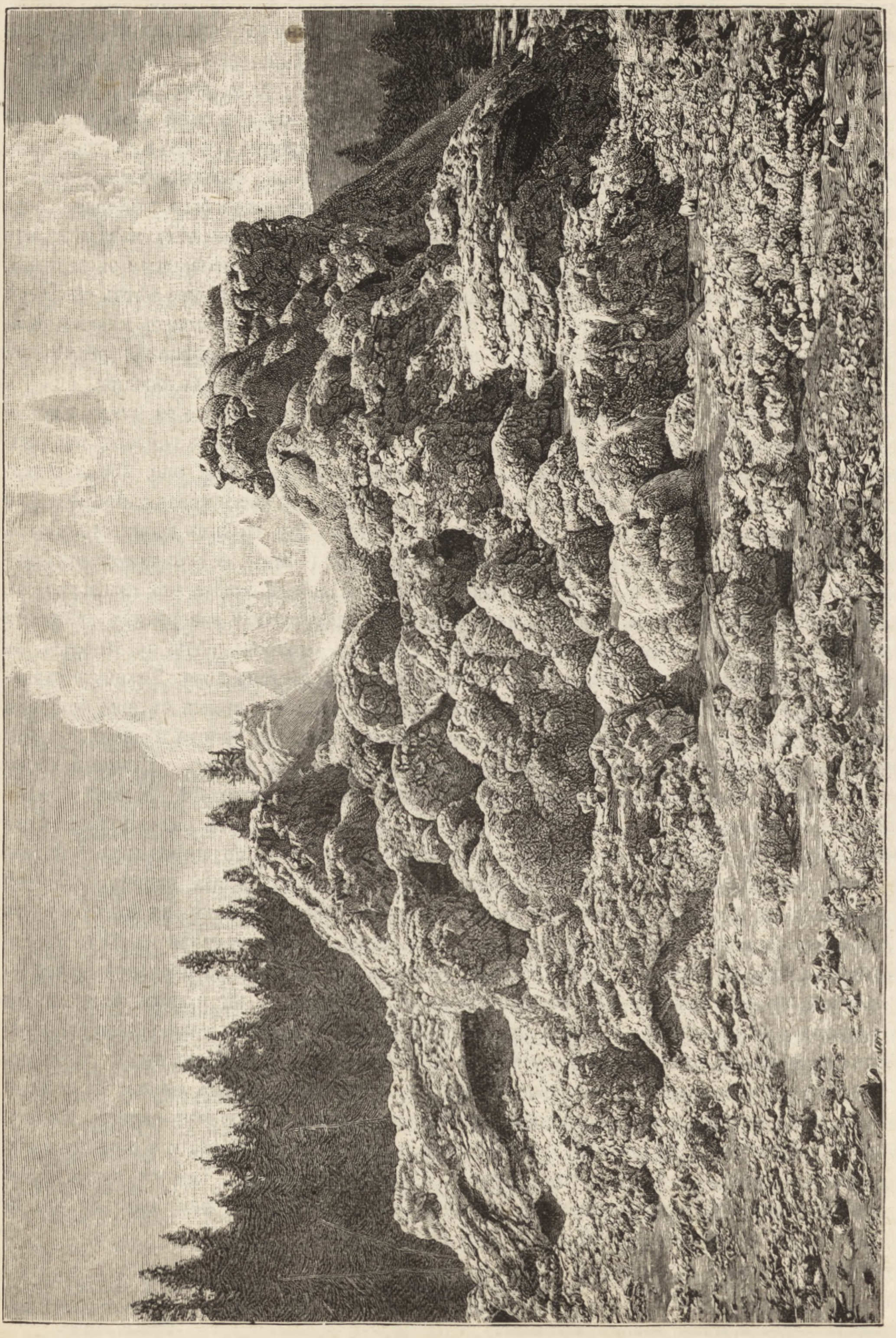


Рис. 276. Конусъ изъ кремнистаго туфа, образованный гейзеромъ „Замка" въ Іеллоустонскомъ Національномъ паркѣ.

Возможно ли распространить теорію Бунзена на новозеландскіе и сѣверо-американскіе гейзеры? Только при полномъ сходствѣ наблюдаемыхъ явленій можно было бы отвѣтить утвердительно на этотъ вопросъ. Въ пользу положительнаго рѣшенія его говоритъ то обстоятельство, что теплый ключъ Пуна въ области Тараверы превратился въ гейзеръ вслѣдствіе углубленія его кратера на 60 сант. Такимъ образомъ, вліяніе гидростатическаго давленія водяного столба на дѣятельность горячихъ ключей можно считать доказаннымъ. Однако, нѣкоторыя особенности, наблюдаемыя въ дѣятельности новозеландскихъ и Іеллоустонскихъ ключей, заставляютъ

Рис. 277. Конусъ кремнистаго туфа, образованный гейзеромъ „Улья" въ Іеллоустонскомъ паркѣ.

думать, что теорія Бунзена не объясняетъ всего разнообразія явленій. Такъ, напр., мощные гейзеры, дѣйствующіе съ продолжительными перерывами и стремительно выбрасывающіе много паровъ, должны, повидимому, черпать послѣдніе изъ какого то особаго источника: вся масса паровъ не можетъ образоваться изъ воды, наполняющей каналъ гейзера. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ замедленіе изверженія можетъ происходить вслѣдствіе съуженія канала. Въ Новой Зеландіи гейзеры той трещины, къ которой принадлежитъ и Вакареварева, находятся въ извѣстной зависимости другъ отъ друга; такъ, напр., въ то время, когда дѣйствуетъ Похуту, гейзеръ Вайкоройхи замолкаетъ, и наоборотъ. Такая же зависимость между дѣятельностью сосѣднихъ гейзеровъ наблюдалась и въ Іеллоустонскомъ паркѣ. Хотя изслѣдованіе подобныхъ явленій въ настоящую минуту нельзя считать оконченнымъ, тѣмъ не менѣе вышеприведенные факты заставляютъ думать, что теорія Бунзена нуждается въ нѣкоторыхъ поправкахъ и дополненіяхъ.

Правильность, характеризующая дѣятельность гейзеровъ, поразительна; но осо-

бенно поддаваться этому впечатлѣнію не слѣдуетъ, и хотя наши наблюденія охватываютъ ничтожный съ геологической точки зрѣнія промежутокъ времени, тѣмъ не менѣе удалось подмѣтить извѣстныя измѣненія гейзеровъ. Это заставляетъ считать послѣдніе даже болѣе кратковременными образованіями, чѣмъ вулканы. Гейзеръ, дѣйствующій слабо и непродолжительно, переходитъ въ обыкновенный кипящій ключъ. Если постепенно ослабѣваетъ притокъ воды, то гейзеръ исчезаетъ, а на его мѣстѣ происходятъ только выдѣленія паровъ, какъ это и случилось съ однимъ изъ гейзеровъ Исландіи; наоборотъ, если уменьшается количество паровъ, то гейзеръ превращается въ обыкновенный теплый ключъ. То же самое должно произойти, если вслѣдствіе удлиненія канала гейзера увеличится гидравлическое давленіе. Точно также всякое измѣненіе формы канала должно отзываться на дѣятельности ключей. Для этого даже не требуется тѣхъ грозныхъ разрушеній, которыя произошли въ области Тараверы вслѣдствіе пробужденія вулканическихъ силъ и сопровождались исчезновеніемъ прежнихъ гейзеровъ и появленіемъ новыхъ. Постепенное разрушеніе размягченной вулканической почвы или землетрясеніе можетъ также вести къ совершенному измѣненію подземныхъ каналовъ и сопровождаться разными нарушеніями въ дѣятельности гейзеровъ. Такимъ образомъ, можно сказать, что гейзеры представляютъ только непродолжительную стадію въ исторіи развитія горячихъ ключей.

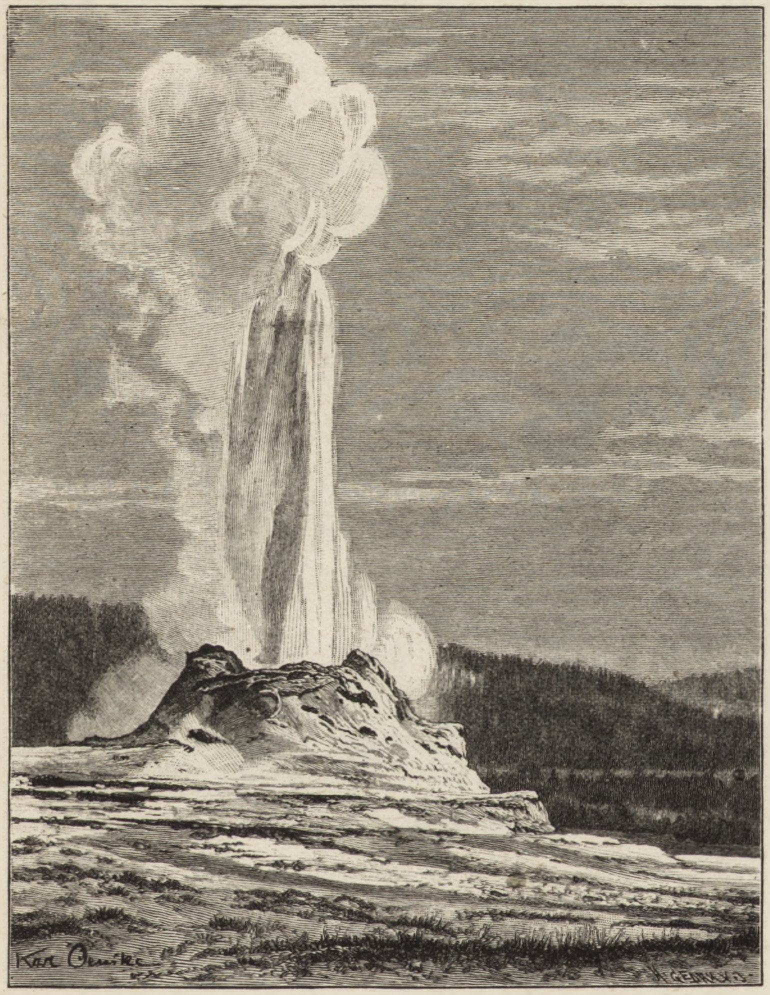


Рис. 278. Изверженіе „Стараго Служаки" въ Іеллоустонскомъ паркѣ.

Дѣятельность гейзеровъ можетъ быть измѣняема также различными искусственными способами. Если привести воду ихъ въ быстрое вращеніе или бросать въ каналъ гейзера камни, то моментъ наступленія изверженія ускоряется, и сила его увели-

Рис. 279. Окрестности „Стараго Служаки“ въ Іеллоустонскомъ паркѣ.

чивается, какъ это мы и видѣли на примѣрѣ исландскаго Строкра. Тоже достигается прибавленіемъ мыла или извести къ горячей водѣ горячихъ ключей. Причина этого явленія, впервые произведеннаго въ Іеллоустонскомъ паркѣ однимъ китайцемъ, который стиралъ тамъ бѣлье *), до сихъ поръ остается неизвѣстной; точно также неизвѣстно, почему это средство не дѣйствуетъ на извѣстные гейзеры, напр., на „Великаншу“. Въ „странѣ чудесъ“, въ западной части Сѣверной Америки, было сдѣлано и другое чрезвычайно важное геологическое наблюденіе: *отложеніе кремнекислоты* не происходитъ *при простомъ охлажденіи* воды гейзеровъ и горячихъ ключей: оно совершается только при участіи *водорослей*. Нѣкоторые виды водорослей могутъ жить при температурѣ на 7° Ц. ниже точки кипѣнія. Они выдѣляютъ кремнекислоту въ видѣ слизи и умираютъ въ медленно затвердѣвающей кремнистой массѣ; на поверхности же продолжаютъ развиваться новые индивидуумы. Кремнекислота отлагается очень медленно. При особенно благопріятныхъ условіяхъ приростъ осадка достигаетъ только 0,84 мм. въ годъ. Если считать эту цыфру мѣриломъ скорости образованія кремнистыхъ туфовъ, то окажется, что конусъ „Стараго Служаки„ (Old Faithfull) долженъ былъ рости, по крайней мѣрѣ, въ теченіи 25000 лѣтъ.

Насколько извѣстно въ настоящее время, гейзерами могутъ быть только тѣ источники, которые содержатъ въ растворѣ кремнекислоту. Горячіе известковые ключи, каковы, напр., Мамонтовые источники въ Іеллоустонскомъ паркѣ, источники Гаммамъ-Мескутинъ въ Константина (въ Алжирѣ), источники, протекающіе по пустынной возвышенности Панбекъ-Калесси („Хлопчатый Замокъ“ **) у Смирны (Гіераполисъ), отлагаютъ также туфы и образуютъ террасы; нѣкоторые изъ Мамонтовыхъ источниковъ производятъ даже изверженія, но тѣмъ не менѣе эти ключи нельзя считать настоящими гейзерами. Можетъ быть, отложеніе извести происходитъ слишкомъ быстро и неправильно и даетъ мало плотные туфы, а можетъ быть, причину слѣдуетъ искать въ другихъ, еще неизвѣстныхъ условіяхъ.

Въ нѣкоторыхъ областяхъ гейзеровъ и горячихъ источниковъ встрѣчаются также *грязные ключи*, о которыхъ мы уже вскользь упоминали, говоря о Новой Зеландіи. Отъ простыхъ кипящихъ ключей послѣдніе отличаются тѣмъ, что въ горячей водѣ ихъ, находящейся подъ сильнымъ давленіемъ, содержится сѣрнистая кислота и сѣроводородъ. Вслѣдствіе химическаго дѣйствія этихъ газовъ и механическаго дѣйствія воды и паровъ, рыхлыя породы, каковы глина и вулканическіе туфы, превращаются въ тѣстообразную массу и въ такомъ видѣ выносятся на дневную поверхность. Примѣромъ могутъ служить исландскіе источники, называемые „намарами“. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, — у вулкана Аскья, на берегу Комаринаго озера (Мю-ватнъ) и главнымъ образомъ въ области Рейкъялида, такіе источники чрезвычайно развиты. Они представляютъ отвратительную картину: „Совершенно горизонтальная, лишенная растительности равнина сѣропепельнаго цвѣта, ограничивается съ сѣвера застывшими потоками лавы, а съ запада рядомъ холмовъ съ сольфатарами; тутъ и тамъ видны грязныя котловины, окруженныя зыбкою почвой, которая проваливается подъ ногами путешественника. Сѣроголубая, чаще даже черная грязь, служитъ исландцамъ для лѣченія сыпей. Окутанная клубами пара, она кипитъ въ этихъ котловинахъ; на

*) Съ тѣхъ поръ этотъ искусственный гейзеръ и получилъ названіе „Китайца“.
**) Названіе произошло отъ бѣлыхъ массъ туфа, похожихъ на хлопокъ.

поверхности появляются и лопаются пузыри, а сама грязь непрерывными фонтанами бьетъ вверхъ". *(Сарторіусъ фонъ-Вальтерсгаузенъ).*

Эти „намары" представляютъ переходъ къ такъ называемымъ *сальзамъ* или *грязнымъ вулканамъ*, которые встрѣчаются въ разныхъ мѣстахъ земли и представляютъ огромный интересъ въ виду ихъ связи съ мѣстонахожденіями нефти. Широко развиты эти явленія на Кавказѣ, въ окрестностяхъ Баку, на Таманскомъ полуостровѣ и въ Крыму около Керчи. Сюда же принадлежатъ такъ называемыя „салинеллы" у Патерно, грязные вулканы въ окрестностяхъ Этны, такъ называемыя „макалубы" у Джирдженти, огромныя сальзы близъ Модены и „Адское болото" (Höllenmorast) къ сѣверу отъ Кронштадта въ Седмиградіи. За предѣлами Европы извѣстны описанные А. Гумбольдтомъ „вулканитосы" Турбако въ Новой Гренадѣ (въ Южной Америкѣ); сюда же относятся грязные вулканы на вестиндскомъ островѣ Тринидадѣ, на островѣ Чедуба, лежащемъ у берега Индо-Китая (Арраканъ), и на Явѣ.

Газы, движеніемъ которыхъ выбрасывается вода, и которые дѣйствуютъ разрушительно на рыхлыя горныя породы, въ разныхъ сальзахъ различны. „Салинеллы" у Патерно и сосѣдніе съ ними грязные ключи, а также „Адское болото" въ Седмиградіи выдѣляютъ углекислоту; наоборотъ, „макалубы" у Джирдженти и величественные грязные вулканы на Кавказѣ въ большинствѣ случаевъ выдѣляютъ углеводороды. Въ общемъ, сальзы или грязные вулканы изучены очень мало, не смотря на представляемый ими огромный интересъ; мы познакомимся съ ними на нѣсколькихъ особенно характерныхъ примѣрахъ.

„Макалубы" у Джирдженти, упоминаемыя уже древними писателями, являются наиболѣе извѣстными представителями грязныхъ ключей. Въ 1751 г., когда эту мѣстность посѣтилъ Доломье, онѣ располагались на плоскомъ холмѣ, около 50 м. высотою; внѣшній видъ этого холма постоянно мѣнялся. На вершинѣ его выдвигались многочисленные небольшіе конусы до 1 м. въ вышину; на каждомъ изъ нихъ замѣчалось воронкообразное углубленіе. Черезъ каждыя 2—3 минуты это углубленіе наполнялось до самаго края жидкою грязью, которая вздувалась въ видѣ полушара и представляла огромный пузырь; послѣдній лопался съ сильнымъ шумомъ, и грязь отчасти переливалась черезъ края кратера, отчасти опять опускалась въ глубину. Выброшенная грязь образуетъ глинистую почву, которая въ сухое время растрескивается, а во время дождей разбухаетъ, при чемъ вся окрестность превращается въ вязкое болото. Нѣсколько иначе описываетъ эти грязные вулканы *Фридрихъ Гофманнъ*, посѣтившій ихъ 50 лѣтъ спустя: „На слабо возвышенной глинистой равнинѣ выдвигаются до 30 конусовъ въ 2 и 3 фута вышиною; они занимаютъ площадь въ 150 шаговъ длиною и въ 50 шаговъ шириною; на вершинѣ каждаго изъ такихъ конусовъ имѣется воронкообразное углубленіе до 1 фута въ поперечникѣ; эти углубленія заполнены соленою водою, поверхность которой вслѣдствіе непрерывнаго выдѣленія газовъ находится въ постоянномъ движеніи и точно кипитъ; черезъ края кратера переливается глина, пропитанная соленою водой; она течетъ по склонамъ конусовъ и образуетъ нѣчто въ родѣ лавовыхъ потоковъ".

О „салинеллахъ" Патерно *Лазо* пишетъ слѣдующее: „Салинеллы располагаются на слегка выпуклой равнинѣ и занимаютъ площадь въ нѣсколько моргеновъ; онѣ выбрасываютъ свѣтлую грязь, которая ложится кругомъ въ видѣ коры; послѣдняя настолько рыхла, что мѣстами проваливается подъ ногами путешественника. Я наблюдалъ салинеллы 7 октября 1878 года; въ это время на плоскомъ холмѣ на-

ходилось до 23 круглыхъ отверстій, изъ которыхъ наибольшее достигало 12 футовъ въ поперечникѣ: онѣ были наполнены сѣрою жидкою грязью, которая, выдѣляя газы, сильно клокотала и переливалась черезъ края кратера. Температура этой грязи колебалась между 20^0 и 26^0 Ц. Небольшія котловины кратеровъ образованы сѣроголубыми глинисто-известковыми натеками, которые тонкими слоями лежатъ другъ на другѣ. Нѣкоторыя изъ котловинъ лишены воды и выдѣляютъ газы непосредственно; если держать надъ ними руку, то ясно чувствуется потокъ теплаго воздуха. Эти отверстія постоянно мѣняютъ свое мѣсто,—одни закупориваются, другія открываются. Дѣятельность этихъ грязныхъ вулкановъ проявлялась безъ особенной силы: грязь выливалась довольно спокойно, сопровождаясь бульканьемъ газовыхъ пузырей. Впрочемъ, недавно одно изъ отверстій, расположенныхъ на вершинѣ плоскаго холма, произвело сильное изверженіе грязи.

„Послѣднее большое изверженіе салинеллъ относится къ 1866 году; 15 января произошло землетрясеніе, а 22 числа того же мѣсяца дѣятельность ключей достигла полной силы. Когда сюда прибылъ профессоръ Сильвестри, вся мѣстность превратилась въ грязное болото, занявшее площадь около 800 кв. метровъ; появилось множество кратеровъ съ діаметромъ до 2 метровъ; нѣкоторые выбрасывали мощныя струи пѣнящейся грязи; изверженіе сопровождалось своеобразнымъ шумомъ, который производили газы, прорывавшіе массы грязи. Сильвестри распорядился вырыть яму; послѣдняя тотчасъ же заполнилась грязью, которая съ силою выбрасывалась снизу; два дня спустя въ этомъ мѣстѣ образовалось два настоящихъ кратера; нѣсколько же другихъ кратеровъ, располагавшихся вблизи, прекратили свою дѣятельность. Отсюда ясно, что распредѣленіе кратеровъ на протяженіи всей площади, занимаемой салинеллами, болѣе или менѣе случайно: появленіе ихъ въ томъ или другомъ мѣстѣ объясняется свойствами почвы и зависитъ отъ степени проницаемости ея для грязи.

„Вскорѣ послѣ моего посѣщенія салинеллъ въ октябрѣ 1878 года, произошло новое повышеніе ихъ дѣятельности, которому предшествовали неоднократно повторявшіяся землетрясенія. Изверженія начались въ декабрѣ и продолжались съ неодинаковой силой, въ общемъ постепенно ослабѣвая, до января слѣдующаго года. По свидѣтельству Сильвестри первые сильные взрывы, сопровождавшіеся появленіемъ новыхъ большихъ кратеровъ, относятся къ 19 декабря; очень скоро послѣ этого сила изверженія стала ослабѣвать. 24 декабря около 9 часовъ 20 минутъ вечера произошло сильное землетрясеніе, длившееся 8 минутъ и охватившее всю восточную часть Сициліи; послѣ этого, изверженіе опять достигло высшей силы и продолжалось, не ослабѣвая, въ теченіе двухъ дней; многочисленные кратеры, разбросанные по всему холму, выбрасывали фонтаны грязи до 2 и 3 метровъ въ вышину; затѣмъ дѣятельность салинеллъ стала понижаться, и къ концу января существовало около 10 отверстій, которыя выдѣляли грязь такъ же спокойно, какъ это наблюдалъ я 7 декабря; въ это время не чувствовалось сотрясеній почвы, которыми сопровождалось изверженіе въ моментъ наибольшей силы, не слышалось и шума. Вода, выбрасываемая салинеллами, обладала въ разныхъ мѣстахъ температурой отъ 13 до 37^0, во время же сильнаго изверженія температура ея въ нѣкоторыхъ мѣстахъ была 46^0 Ц. Пространство, залитое грязью, достигло бы огромныхъ размѣровъ, если бы не были быстро сооружены стѣны, преградившія потокамъ путь и защитившія сосѣднія поля и померанцовые сады отъ грозившаго имъ опустошенія“.

Среди сѣверо-итальянскихъ грязныхъ вулкановъ самымъ значительнымъ является *сальза Сассуоло* близъ Модены. Вотъ что пишетъ о ней *Гюмбель:* „Сальза Сассуоло принадлежитъ къ той группѣ грязныхъ вулкановъ, которые выдѣляютъ не только массы грязи и газы, но также выбрасываютъ на дневную поверхность огромное количество обломковъ горныхъ породъ. Эта сальза располагается въ 2 километрахъ къ югу отъ Сассуоло у горы Джиббьо и во время продолжительныхъ періодовъ покоя представляетъ нѣсколько небольшихъ болотистыхъ котловинъ съ соленою водою; съ поверхности ихъ выдѣляются горючіе газы. Въ полной противоположности этой спокойной и слабой дѣятельности стоятъ величественныя изверженія, происходящія черезъ различные промежутки времени. Уже Плиній упоминаетъ объ одномъ сильномъ изверженіи, относящемся къ 90 году передъ Р. Хр. Во время послѣдняго изверженія, происходившаго въ 1835 году, грязь, выброшенная сальзой, распространилась на протяженіи 1 километра и заполнила небольшую долину; общая масса изверженной грязи достигаетъ $1^1/_2$ милліона кубическ. метровъ. Потоки грязи представляли по своему виду сходство съ оползнями или оплывинами; они несли такое множество угловатыхъ обломковъ камней, что грязи иногда вовсе не было видно; обломки состояли изъ флиша или мачиньо (macigno) *), къ которымъ были подмѣшаны глауконитовые песчаники, осколки известковаго шпата и др.“.

Гораздо большаго развитія достигаютъ всѣ эти явленія на Кавказѣ и отчасти въ Крыму; полуострова Керченскій и Таманскій, восточный берегъ Каспійскаго моря,— именно окрестности Баку и Апшеронскій полуостровъ—классическія страны грязныхъ вулкановъ; свѣдѣніями о нихъ мы обязаны главнымъ образомъ выдающимся изслѣдованіямъ *Абиха.* Кавказъ славится своими нефтяными богатствами; въ окрестностяхъ Баку нефть вытекаетъ отчасти на сушѣ, отчасти на днѣ Каспійскаго моря. Запасы этого полезнаго вещества, скрытые въ нѣдрахъ земли, неистощимы, но пространство, занимаемое ими, незначительно — всего 8 квадратн. километр. На этомъ ничтожномъ клочкѣ земли въ теченіи первыхъ 9 мѣсяцевъ 1892 года было добыто $3^1/_2$ милліона центнеровъ нефти; разработка этихъ залежей началась уже въ 1832, а съ 1372 года добыча нефти ведется въ огромныхъ размѣрахъ. Въ мартѣ 1879 года было произведено буреніе, слѣдствіемъ котораго явился мощный нефтяной фонтанъ, въ теченіи одного часа наполнившій резервуаръ вмѣстимостью въ 4000 центнеровъ. Фонтанъ, бьющій изъ буровой скважины, заложенной въ 1886 году, далъ въ теченіи дня 50.000 центнеровъ нефти; въ мартѣ 1893 года дѣйствовали одновременно шесть фонтановъ и давали вмѣстѣ 200.000 центнеровъ нефти. На восточномъ берегу Каспійскаго моря на островѣ Челекенѣ противъ Баку также открыты богатыя залежи нефти; проложенная здѣсь буровая скважина давала въ теченіи 24 часовъ 3.000—4.000 центнеровъ нефти.

Въ связи съ залежами нефти стоятъ мощныя выдѣленія углеводородовъ въ окрестностяхъ Баку; если зажечь эти газы, то получаются огромные огненные столбы, рвущіеся къ небу. Этими издавна извѣстными священными огнями промышленность воспользовалась для своихъ цѣлей, что лишило ихъ въ значительной степени прежней поэтической обворожительности.

Въ этой-же области извѣстны и огромные грязные вулканы. Иногда мощные потоки углеводородовъ встрѣчаютъ на своемъ пути водную жилу; совмѣстнымъ дѣйствіемъ газовъ и воды разрушаются залегающія въ глубинахъ третичныя породы, и

*) Такъ называются въ Италіи зеленовато-сѣрые глинисто-известковые песчаники эоценоваго возраста. *Прим. перев.*

на поверхность выносится тѣстообразная грязь сѣраго и даже черноголубаго цвѣта. Обыкновенно, въ разныхъ мѣстахъ наблюдается только слабая дѣятельность, но черезъ большіе или меньшіе промежутки времени происходятъ и настоящія изверженія грязи, сопровождающіяся часто воспламененіемъ газообразныхъ продуктовъ. По своей силѣ они превосходятъ изверженія всѣхъ до сихъ поръ описанныхъ сальзъ и напоминаютъ грозные взрывы настоящихъ вулкановъ. Грязныя сопки Кавказа и Керченскаго полуострова располагаются по параллельнымъ линіямъ, которыя стоятъ въ связи съ строеніемъ горъ и обнаруживаютъ антиклинальное изогнутіе. Взрывы дѣятельности грязныхъ вулкановъ сопровождаются значительными движеніями почвы, огромныя массы рыхлыхъ породъ, располагающихся въ наиболѣе возвышенныхъ мѣстахъ, обрываются и заполняютъ своими обломками болѣе низкіе участки. Особенной силы достигли эти явленія съ тѣхъ поръ, какъ въ широкихъ размѣрахъ стали производить буренія для добыванія нефти, нарушившія существовавшее до тѣхъ поръ равновѣсіе. Связь, существующая между нефтяными фонтанами и дѣятельностью грязныхъ сопокъ, ясна изъ слѣдующаго примѣра: во время изверженія Локъ Ботанъ, въ 1887 году, пересталъ бить упомянутый выше нефтяной фонтанъ 1886 года, онъ снова появился только тогда, когда вулканъ опять вступилъ въ стадію покоя. Слѣдуетъ допустить, что вслѣдствіе выдѣленія большихъ массъ газа, при изверженіи Локъ Ботана, давленіе въ подземномъ бассейнѣ уменьшилось настолько, что было уже не въ состояніи выбросить на поверхность нефтяную струю.

Наиболѣе типичнымъ примѣромъ грязнаго вулкана можетъ служить вулканъ „*Арсена*" въ окрестностяхъ Баку. Удлиненно-эллиптическій кратеръ его равняется двумъ третямъ кратера Везувія и обладаетъ низкими крутыми стѣнами; онъ располагается на сѣверо-западной сторонѣ плоской вершины горы, поднимающейся надъ уровнемъ моря приблизительно на 330 метровъ. Широкое отверстіе кратера достигаетъ 125—160 метр.; на днѣ его находится второе углубленіе, заполненное водою; послѣдняя содержитъ въ растворѣ много сѣрнокислаго натра; эта-же соль въ видѣ толстой пѣны покрываетъ кругомъ почву кратера. Вода доставляется горячими источниками и, вслѣдствіе непрерывнаго выдѣленія газовъ, находится въ постоянномъ движеніи, клокочетъ и какъ-бы кипитъ. Соотвѣтственно размѣрамъ этого любопытнаго кратера, потоки грязи достигаютъ значительной мощности; они стекаютъ по отлогимъ склонамъ конуса въ сѣверо-западномъ направленіи и въ видѣ широкой ленты покрываютъ почву на протяженіи нѣсколькихъ километровъ.

Познакомимся для примѣра съ изверженіемъ Локъ-Ботана (100 м. высотой), происходившимъ 5 января 1887 года. Этотъ грязный вулканъ лежитъ на берегу залива Пута, противъ желѣзнодорожной станціи того же имени, въ 15 верстахъ на юго-западъ отъ Баку. Мѣстность, окружающая гору, представляетъ трясину, особенно опасную для караванныхъ верблюдовъ; отсюда и произошло названіе горы: „Локъ-Ботанъ", въ переводѣ значитъ — „верблюдъ, утонувшій въ болотѣ". Изверженіе началось въ ночь на 6 января и продолжалось въ теченіе двухъ дней. Оно сопровождалось слѣдующими явленіями: сначала послышался особенный гулъ въ родѣ отдаленнаго пушечнаго выстрѣла, но только болѣе протяжный; происшедшее при этомъ сильное движеніе воздуха выразилось между прочимъ дрожаніемъ оконныхъ стеколъ. Въ тоже время на юго-западѣ безоблачное небо освѣтилось сильнымъ заревомъ, которое продолжалось минутъ 10 и перешло затѣмъ въ мерцаніе; зарево было вызвано появленіемъ изъ кратера высокаго огненнаго столба, достигавшаго не менѣе 100 метровъ. Это былъ потокъ горѣвшихъ газовъ. Вмѣстѣ съ пламенемъ была выброшена и грязь; послѣдняя вылилась въ западномъ направленіи въ видѣ мощнаго потока, который раздѣлился на два рукава и занялъ площадь въ $1^1/_2$ квадратныхъ версты; общая масса выброшенной грязи достигала 400—700 тысячъ куб. саженей. Грязь эта состояла изъ синевато-сѣраго глинистаго вещества, въ которомъ попадались кусочки песчаника, пропитаннаго нефтью. Западная сторона вершины Локъ-Ботана была

покрыта трещинами, изъ которыхъ еще 9 января выдѣлялись углеводороды, а на сѣверной сторонѣ вмѣстѣ съ грязью попадались шарики и желваки съ кулакъ величиною, напоминавшіе вулканическія бомбы. Выше былъ уже отмѣченъ сопровождавшій это изверженіе любопытный фактъ появленія нефтяного источника при Бейбалѣ.

Извѣстны и другія значительныя изверженія. Таково, напр., было изверженіе вулкана Куко-Обо въ Тамани въ 1794 г., сопровождавшееся землетрясеніемъ, которое достигало даже Екатеринодара. Это изверженіе дало 97,120 куб. метр. грязи. Довольно сильнымъ было также изверженіе Карабетовой горы въ 1835 году.

Изверженіе подводныхъ грязныхъ вулкановъ иногда сопровождается образованіемъ новыхъ острововъ. Примѣромъ можетъ служить появленіе острова „Кумани", въ 1861 году, 7 (19) мая на Каспійскомъ морѣ, между Ленкораномъ и Баку, близъ острова „Погорѣлая Плита". Этотъ островъ былъ первоначально открытъ г. Кумани, командиромъ парохода „Туркменъ" и описанъ имъ въ формѣ рапорта по начальству. Вотъ что говорится въ этомъ донесеніи: „Проходя 7 мая на пути изъ Ленкорани мимо „Погорѣлой Плиты", я замѣтилъ островъ, который прежде не существовалъ на этомъ мѣстѣ. Высадившись на него, я нашелъ, что островъ состоялъ изъ земляныхъ глыбъ, которыя были прорѣзаны глубокими бороздами и только съ поверхности слегка остыли, а внутри представляли тягучую и довольно горячую массу; эти послѣднія обстоятельства свидѣтельствуютъ о недавнемъ происхожденіи острова. Островъ этотъ располагается въ 12 миляхъ отъ острова Свиного и по величинѣ одинаковъ съ послѣднимъ; высота его надъ уровнемъ моря достигаетъ 18 фут. Во время открытія этотъ островъ обладалъ эллиптическою формою и имѣлъ въ окружности 400—500 шаговъ; онъ постепенно повышался къ центру, гдѣ его высота достигала 18—19 фут. надъ уровнемъ моря; находившаяся въ немъ небольшая впадина была наполнена грязною водою, изъ которой вырывались газы; температура ея была 28,4^0 Р. при температурѣ воздуха 20,3^0 Р. (Абихъ). На картѣ Басаргина, изданной въ 1824 г., глубина моря на мѣстѣ новаго острова была показана въ 6 фут., 20 іюня островъ возвышался надъ уровнемъ моря только на 12 фут., въ концѣ іюля—на 6 футовъ, въ концѣ года—на 2 фута. Пониженіе продолжалось въ теченіе 1862 года, но въ январѣ 1863 г. онъ снова поднялся до 12—13 фут. и, наконецъ, совсѣмъ исчезъ. Абихъ, посѣтившій этотъ островъ, произвелъ подробныя геологическія изслѣдованія его и нашелъ, что онъ по происхожденію одинаковъ съ другими сосѣдними ему островами Санки-Муганъ, Свиной и Булла; всѣ эти острова обязаны своимъ возникновеніемъ скопленію грязи на днѣ моря.

Еще недавно, въ апрѣлѣ 1896 года, происходило новое подводное изверженіе къ сѣверу отъ Апшеронскаго полуострова, Былъ насыпанъ островъ вышиною около 3 саженъ и длиною около 25 саженъ. Изверженіе сопровождалось легкимъ землетрясеніемъ и выдѣленіемъ газовъ. *Перев.*

Для выясненія истинной природы грязныхъ вулкановъ, важное значеніе имѣетъ изслѣдованіе выбрасываемыхъ ими продуктовъ. Мы уже указывали, что полужидкія массы, вытекающія изъ ихъ кратеровъ, происходятъ изъ рыхлыхъ породъ, которыя разрушаются дѣйствіемъ газовъ и воды и выносятся на поверхность въ видѣ грязи. Доказательствомъ этого служатъ микроскопическія изслѣдованія, посредствомъ которыхъ не удалось обнаружить въ продуктахъ изверженія грязныхъ вулкановъ даже слѣдовъ вулканическихъ образованій, каковы пепелъ, пемза и т. п.; наоборотъ, въ большинствѣ случаевъ были найдены скорлупки микроскопическихъ морскихъ животныхъ, корненожекъ и радіолярій, которыя въ громадномъ числѣ встрѣчаются въ залегающихъ кругомъ третичныхъ породахъ. „Вырывающаяся изъ-подъ земли грязь есть ничто иное, какъ размягченныя глинистыя или глинисто-песчаныя породы, извлекаемыя изъ ближайшихъ окрестностей на незначительной глубинѣ и содержащія нерѣдко остатки организмовъ" (Гюмбель).

Для появленія грязнаго вулкана необходимо совпаденіе цѣлаго ряда разнообразныхъ условій: потокъ газовъ, поднимающійся изъ нѣдръ земли, долженъ встрѣтить на пути водную жилу, которая пролагаетъ свой путь между рыхлыми, легко поддающимися разрушенію горными породами. Если же водная жила отсутствуетъ, то происходятъ такъ называемыя *сухія изверженія* (trockene Exhalation); примѣромъ могутъ служить священные огни Баку и выдѣленія углеводородовъ въ Химерѣ въ Ликіи, въ мѣстности, образованной серпентинами. Если газъ встрѣчаетъ воду, но не находитъ легко разрушающихся глинистыхъ пластовъ, то получается обыкновенный

богатый газомъ ключъ; примѣромъ можетъ служить источникъ Ивоничъ въ Галиціи. Справедливость сказаннаго особенно ясно выступаетъ на примѣрѣ штата Пенсильваніи, также богатаго запасами нефти. Подобно тому, какъ мы видѣли это на Кавказѣ, и здѣсь происходятъ обильныя выдѣленія углеводородовъ; встрѣчая водныя жилы, они образуютъ ключи, содержащіе въ растворѣ газы, но грязи не получается, такъ какъ здѣсь отсутствуютъ рыхлыя породы. Примѣромъ такого ключа, богатаго газами, можетъ служить мощный „гейзеръ" у города Кэпъ въ Пенсильваніи (см. рис. 280). Здѣсь было произведено буреніе, достигшее глубины въ 2000 футовъ и оконченное въ 1879 году; изъ буровой скважины выбрасывается нынѣ приблизительно черезъ каждыя 13 минутъ струя воды и газовъ отъ 100 до 150 фут. въ вышину; газъ нерѣдко воспламеняется и черезъ нѣсколько мгновеній тухнетъ, съ тѣмъ, чтобы въ слѣдующій моментъ загорѣться опять. Въ Европѣ посредствомъ буренія былъ также вызванъ періодически дѣйствующій ключъ; онъ находится близъ Кошицъ (Kaschau) между Ранкомъ и Херлейномъ, въ мѣстности, образованной андезитами, и приблизительно три раза въ день, выбрасываетъ мощные столбы минеральной воды, которая поднимается до 30 метровъ въ вышину. Газъ, растворенный въ водахъ этого ключа, состоитъ главнымъ образомъ изъ углекислоты.

Рис. 280. Богатый газами гейзеръ у Кэна въ Пенсильваніи. (По Дана.)

Химическое дѣйствіе воды.

Каждый источникъ выноситъ на земную поверхность большее или меньшее количество растворенныхъ минеральныхъ веществъ. Послѣднія извлекаются изъ тѣхъ горныхъ породъ, по которымъ подземная вода пролагаетъ свой путь. Всѣ эти вещества рано или поздно отлагаются опять въ той или иной формѣ. Такимъ образомъ происходятъ измѣненія земной коры, составляющія одинъ изъ важнѣйшихъ предметовъ геологическаго изслѣдованія.

Разрушительная дѣятельность воды проявляется двоякимъ способомъ: съ одной стороны, она дѣйствуетъ *химически*, растворяя тѣ или иныя составныя части горныхъ породъ; съ другой стороны, она производитъ чисто *механическое* дѣйствіе, которое усиливается совокупной работой другихъ дѣятелей разрушенія. Многіе минералы, входящіе въ составъ горныхъ породъ, растворяются чистою водою очень легко. Прежде всего это слѣдуетъ сказать о *каменной соли* и о нѣкоторыхъ другихъ соляхъ, близкихъ къ ней по своему составу. Точно также *гипсъ* въ большомъ количествѣ растворяется водою, хотя и не съ такою легкостью. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ залегаютъ эти породы, дѣйствіемъ подземныхъ водъ образуются часто обширныя пустоты, при чемъ вышележащіе слои обрушиваются. Вслѣдствіе этого въ мѣстностяхъ, богатыхъ гипсомъ и каменною солью, мы находимъ слѣды сильныхъ нарушеній, происшедшихъ вслѣдствіе указанной причины.

Гораздо слабѣе дѣйствуетъ вода на *известняки*, если только она не содержитъ въ растворѣ углекислоту. Но даже и въ послѣднемъ случаѣ вода можетъ растворить углекислой извести гораздо меньше, чѣмъ гипса или каменной соли. Однако, въ виду огромнаго распространенія известняковъ въ природѣ, раствореніе ихъ водою имѣетъ важное значеніе въ круговоротѣ веществъ, и въ значительномъ большинствѣ рѣкъ углекислая известь является главнѣйшею минеральною частью. Правильное представленіе объ этомъ процессѣ даетъ приблизительное опредѣленіе общаго количества этого вещества, растворённаго въ рѣкахъ. Такъ, напр., рѣки, текущія по склонамъ Тевтобургскаго лѣса и Хаара, ежегодно извлекаютъ такое огромное количество углекислой извести, что изъ нея можно было-бы сложить кубъ, длина реберъ котораго больше 33 метровъ. Въ известковыхъ горахъ процессъ растворенія происходитъ и подъ землею: огромныя пустоты, являющіяся, вслѣдствіе этого, показываютъ, какъ велико химическое дѣйствіе воды.

Нерѣдко въ известнякахъ мы находимъ подмѣсь углекислаго магнія; въ такомъ случаѣ эти породы получаютъ названіе *доломитовъ;* углекислый магній также растворимъ въ водѣ, содержащей углекислоту, но въ меньшей степени, чѣмъ чистый известнякъ. При дѣйствіи воды на доломитъ будетъ переходить въ растворъ главнымъ образомъ углекислый кальцій, и порода будетъ постепенно обогащаться магніемъ, пріобрѣтая вмѣстѣ съ тѣмъ пористое строеніе.

Вода, содержащая углекислоту, дѣйствуетъ растворяющимъ и разрушающимъ образомъ не только на известняки, но на огромное большинство остальныхъ горныхъ породъ и минераловъ. Такъ какъ кремнекислыя соединенія, такъ называемые *силикаты*, имѣютъ чрезвычайно широкое распространеніе въ природѣ и принимаютъ участіе въ составѣ большинства горныхъ породъ, то изученіе ихъ измѣненій представляетъ особенное значеніе и интересъ. Силикаты, содержащіе въ своемъ составѣ известь, закись желѣза, окись калія и натрія, при дѣйствіи углекислоты и воды даютъ такъ называемые карбонаты или углекислыя соединенія названныхъ соединеній. Если окиси соединялись непосредственно съ кремнекислотою, то конечнымъ результатомъ процесса является полное превращеніе ихъ въ карбонаты и выдѣленіе кремнекислоты. Послѣдняя немного растворима въ водѣ, особенно если она содержитъ въ растворѣ щелочи; но въ сравненіи съ процессомъ образованія углекислыхъ соединеній это раствореніе совершается слишкомъ медленно и слабо, а потому наибольшая часть освободившейся кремнекислоты остается на мѣстѣ.

Въ громадномъ большинствѣ случаевъ на ряду съ известью, закисью желѣза и окисями калія и натрія силикаты содержатъ въ своемъ составѣ вещества, которыя съ большимъ трудомъ поддаются дѣйствію воды, содержащей углекислоту, и растворяются въ ней въ ничтожномъ количествѣ; таковы чрезвычайно распространенныя въ природѣ вещества, — *глиноземъ* и окись *магнія*. Дѣйствуя на такіе силикаты, вода извлекаетъ растворимыя части ихъ, и конечнымъ результатомъ процесса является образованіе водныхъ минераловъ, содержащихъ кремнекислоту и глиноземъ,— каковы разныя глины и каолинъ,—или же магнезіальныхъ силикатовъ, каковы серпентинъ (змѣевикъ) и талькъ. Остановимся для примѣра на одномъ изъ самыхъ распространенныхъ минераловъ, — именно на ортоклазѣ или каліевомъ полевомъ шпатѣ; первоначальный составъ его слѣдующій: кремнекислоты — 64,6 процентовъ, глинозема — 18,5 процентовъ и окиси калія 16,9 процентовъ. При полномъ разрушеніи теряется 43 процента кремнекислоты и 16,9 процентовъ окиси калія, глиноземъ остается въ прежнемъ количествѣ и прибавляется 6,5 процентовъ воды. Окончательно продуктъ разрушенія, получающійся въ количествѣ 46,6 частей изъ 100 частей ортоклаза, называется каолиномъ и имѣетъ слѣдующій составъ: кремнекислоты 21,6 частей, глинозема 18,5 частей и воды 6,5 частей или въ процентахъ: кремнекислоты — 46,4, глинозема — 39,7, воды — 13,9.

Такимъ именно образомъ разрушается огромное множество полевошпатовыхъ горныхъ породъ; окончательнымъ продуктомъ является каолинъ, который уносится водой и, отлагаясь, вновь образуетъ залежи, которыя доставляютъ матеріалъ для приготовленія фарфора. Если процессъ разрушенія совершается не съ такою правильностью, какъ было описано выше, то конечный продуктъ можетъ заключать въ себѣ нѣкоторыя постороннія подмѣси; въ такомъ случаѣ онъ носитъ названіе глины *).

Если для разрушенія силикатовъ необходимо совмѣстное дѣйствіе углекислоты и воды, то другіе минералы уже при простомъ присоединеніи воды испытываютъ чрезвычайно важныя измѣненія. Такъ, напр., *ангидритъ*, безводная сѣрнокислая известь, при соединеніи количества воды, равнаго четверти его вѣса, превращается въ *гипсъ*, т.-е. въ водную сѣрноизвестковую соль. Происходящее при этомъ увеличеніе объема выражается образованіемъ складокъ и трещинъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ

*) Химическая природа силикатовъ и до сихъ поръ остается во многихъ отношеніяхъ неясною. Препятствіемъ для изученія этихъ любопытныхъ соединеній служила неспособность ихъ измѣняться при тѣхъ условіяхъ, при которыхъ мы изслѣдуемъ химическія свойства другихъ тѣлъ, т.-е. при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи и при температурѣ не выше кипѣнія воды. Профессоръ *И. Лембергъ* въ Дерптѣ (Юрьевѣ) цѣлымъ рядомъ статей, представляющихъ результатъ его многолѣтнихъ плодотворныхъ изслѣдованій, показалъ, что при большихъ давленіяхъ и высокой температурѣ (въ папиновомъ котлѣ) силикаты вступаютъ въ самыя разнообразныя реакціи при дѣйствіи на нихъ воды и слабыхъ растворовъ щелочей и карбонатовъ. Ученикъ *И. Лемберга* докторъ *С. Тугутъ* пытался даже опредѣлить химическое строеніе каолина и нѣкоторыхъ другихъ, родственныхъ ему, кремнекислыхъ соединеній. Хотя всѣ эти изслѣдованія находятся еще въ зачаткѣ, тѣмъ не менѣе они показываютъ, что сложнѣйшія соединенія кремнезема способны испытывать чрезвычайно разнообразныя измѣненія. Если изслѣдованія въ направленіи, указанномъ проф. Лембергомъ, продолжатся, то ученіе о силикатахъ можетъ разростись въ самостоятельный отдѣлъ химіи. Не лишено вѣроятія предположеніе, что многія изъ тѣхъ измѣненій, которыя мы воспроизводимъ въ лабораторіи при исключительныхъ условіяхъ, чрезвычайно медленно совершаются въ природѣ, благодаря дѣйствію огромныхъ массъ воды. Какъ показалъ проф. Лембергъ, изученіе химическихъ свойствъ силикатовъ имѣетъ важное значеніе для почвовѣдѣнія, такъ какъ главнѣйшія свойства почвы объясняются присутствіемъ въ ней извѣстныхъ кремнекислыхъ соединеній. Отсюда въ техникѣ сельскаго хозяйства зарождающаяся „химія силикатовъ“ должна въ будущемъ пріобрѣсти такое же значеніе, какимъ пользуется теперь въ фабричномъ дѣлѣ органическая химія

Прим. перев

измѣненіе происходитъ чрезвычайно быстро: такъ, напр., глыбы ангидрита, извлеченныя изъ соляныхъ копей *Бекса* въ кантонѣ Валлисѣ и нагроможденныя на поверхности земли, черезъ восемь дней превратились въ гипсъ. Такъ какъ ангидритъ, вслѣдствіе присоединенія воды, увеличиваетъ свой объемъ, то нѣкоторыя штольни этихъ копей съ теченіемъ времени съуживаются и дѣлаются совсѣмъ непроходимыми: приходится прокладывать ихъ заново. Но и безъ участія человѣка описанный процессъ совершается въ природѣ въ самыхъ широкихъ размѣрахъ, какъ это и доказывается изслѣдованіемъ тѣхъ залежей ангидрита, которыя принадлежатъ пермской, тріасовой и третичной системамъ.

Чрезвычайно широко распространены въ природѣ процессы разрушенія углекислой соли закиси желѣза, такъ называемаго *желѣзнаго шпата*. Въ незначительныхъ количествахъ этотъ минералъ присутствуетъ въ большинствѣ осадочныхъ горныхъ породъ и распредѣляется въ ихъ массѣ въ видѣ очень мелкихъ частицъ. Углекислота желѣзнаго шпата вытѣсняется водою, а закись желѣза, поглощая кислородъ, переходитъ въ окись; такъ образуется минералъ *лимонитъ*, или *бурый желѣзнякъ*, т.-е. водная окись желѣза, которая въ просторѣчіи называется просто „ржавчиной". Это превращеніе совершается въ большинствѣ случаевъ очень быстро; подъ вліяніемъ атмосферныхъ дѣятелей горныя породы, содержащія желѣзный шпатъ, пріобрѣтаютъ буроватую окраску, а при бóльшемъ содержаніи желѣза—желтый цвѣтъ бураго желѣзняка. Разрушеніе распространяется постепенно на внутреннія части породы и въ то время, когда снаружи оно пріобрѣло уже темнобурый цвѣтъ, внутри наблюдаются только слѣды происшедшаго измѣненія: наружная темная окраска постепенно свѣтлѣетъ и даже совсѣмъ исчезаетъ. Въ особенно рѣзкой формѣ наблюдается это явленіе у большинства песчаниковъ, въ цементѣ которыхъ содержится много углекислаго желѣза; превращеніе послѣдняго въ водную окись нерѣдко влечетъ за собою полное раствореніе цементирующихъ соединеній, и песчаники въ относительно короткое время распадаются на отдѣльныя зерна.

Мы зашли-бы слишкомъ далеко, если-бы стали разсматривать дѣйствіе воды на всѣ минералы и горныя породы. Отъ разрушенія наиболѣе распространенныхъ силикатовъ получаются въ результатѣ глинистые продукты. Кварцъ, являющійся чрезвычайно важною составною частью многихъ горныхъ породъ, остается почти неизмѣненнымъ; послѣ разрушенія другихъ минераловъ, входящихъ въ составъ породы, онъ образуетъ песокъ. Такимъ образомъ главнѣйшими продуктами разрушительной дѣятельности воды являются глина и песокъ, играющіе большую роль въ образованіи слоистыхъ горныхъ породъ.

Часть растворенныхъ водою веществъ уносится въ океанъ и повышаетъ количество содержащихся въ его водѣ солей; другая болѣе значительная часть *выдѣляется въ твердомъ видѣ* во время движенія воды по трещинамъ и по поверхности горныхъ породъ. Чрезвычайно важно слѣдующее явленіе: вслѣдствіе молекулярнаго притяженія, вещества, выдѣляющіяся изъ воды, предпочтительно осаждаются тамъ, гдѣ уже присутствуютъ твердыя тѣла того-же состава. Если въ насыщенный растворъ какой-либо соли мы положимъ кристаллъ того-же вещества или повѣсимъ его на ниткѣ, то при постепенномъ испареніи жидкости выдѣляющіяся изъ раствора частицы будутъ главнымъ образомъ осаждаться на готовомъ уже кристаллѣ. То же самое наблюдается и въ горныхъ породахъ. Такимъ образомъ отдѣльныя вещества, растворенныя въ водѣ, отлагаются около опредѣленныхъ точекъ и концентрируются въ извѣстныхъ мѣстахъ.

Внѣшнія формы вновь отлагающихся минераловъ чрезвычайно разнообразны и опредѣляются цѣлымъ рядомъ условій: гипсъ, сѣрный колчеданъ, а иногда известковый шпатъ и кварцъ образуютъ свободные, хорошо образованные кристаллы, находимые въ глинѣ, мергелѣ и песчаникахъ; но гораздо чаще встрѣчаются болѣе или менѣе шаровидныя образованія, такъ называемыя „конкреціи" или „стяженія"; они состоятъ изъ углекислой извести, гипса, роговика, яшмы, сѣрнаго колчедана, бураго желѣзняка („бобовая" руда), — словомъ, изъ самыхъ разнообразныхъ минераловъ. Если массы, образовавшія ядро такой „конкреціи", подвергаются сокращенію или высыхаютъ, то внутри ея образуются пустоты; въ послѣднихъ нерѣдко находится шарообразная конкреція меньшихъ размѣровъ, вслѣдствіе чего эти образованія издаютъ при сотрясеніи характерные звуки. Эти любопытныя явленія возбуждали въ прежнее время большой интересъ; точно также особое вниманіе обращала и внѣшняя форма конкрецій, которыя и описывались подъ самыми разнообразными названіями (лаукаскіе камни, иматровскіе камни, очковыя конкреціи, марлекоръ, нёккебродъ, кункурсъ и др. *).

Всѣ эти образованія важны лишь постольку, поскольку ихъ мѣстонахожденіе характеризуетъ извѣстные горизонты. Въ этомъ отношеніи заслуживаютъ вниманія находимыя въ лёссѣ своеобразныя известковыя конкреціи; въ Россіи онѣ носятъ названіе „журавчиковъ" (Lösskindchen, Lössmännchen, Lösspüpchen).

Иного рода явленія наблюдаются въ тѣхъ случаяхъ, когда въ горной породѣ присутствуютъ пустоты, заполненныя вполнѣ или отчасти кристаллическими или аморфными минералами, выдѣлившимися изъ воды. Пустоты, стѣны которыхъ покрыты кристаллами, обращенными вершиной къ центру, носятъ названіе *жеодъ* или *друзъ*. Особый видъ представляютъ такъ называемыя *миндалины*, находимыя въ породахъ вулканическаго происхожденія; эти пустоты образованы пузырями паровъ, которые выдѣлялись во время застыванія расплавленной массы и сообщили послѣдней шлаковидное строеніе; миндалины заполняются различными минералами: чаще всего находятъ здѣсь водные силикаты, такъ называемые цеолиты, известковый шпатъ и др. минералы. Особеннаго вниманія заслуживаютъ превосходныя миндалины агата, минерала, представляющаго смѣсь кристалличеекой и аморфной кремнекислоты.

Значительно важнѣе тѣ выдѣленія, которыя заполняютъ трещины въ горныхъ породахъ и образуютъ такъ называемыя *жилы*. Трещины, вдоль которыхъ происходили массовыя движенія земной коры, въ большинствѣ случаевъ „закрыты": ихъ края или крылья плотно прилегаютъ другъ къ другу; но иногда образуются открытыя или „зіяющія" трещины, съ теченіемъ времени заполняющіяся тѣмъ или инымъ способомъ.

Иногда заполненіе производятъ расплавленныя массы, подымающіяся снизу; въ

---

*) *Иматровскіе камни*—круглыя, сплюснутыя углеизвестковыя конкреціи, содержащія песокъ и глину, обладаютъ сѣрымъ цвѣтомъ, состоятъ изъ многихъ недѣлимыхъ и на внѣшней поверхности обнаруживаютъ часто параллельныя борозды; находятся на водопадѣ Иматра въ сѣрыхъ сланцеватыхъ глинахъ; *лаукаскіе камни* (Laukasteine)—радіально лучистыя шарообразныя конкреціи арагонита, находимыя у Сухой Луки (Suchá Louka) въ Моравіи, описаны Рейхенбахомъ; *очковыя конкреціи* (Brillensteine oder Augensteine) — круглыя или сплюснутыя почковидныя образованія съ концентрическими кольцами на поверхности, находятся въ Дендерахѣ въ Египтѣ; *марлекоръ* (Marlekor) — или *неккебродъ* (Näkkebröd),—такъ называются въ Швеціи упоминаемыя еще Линнеемъ („Tophus ludus") и описанныя Эрдманномъ чечевицеобразныя конкреціи мергеля, сходныя съ иматровскими камнями; *кункурсъ* (Kunkurs) — большія известковыя конкреціи, находимыя въ аллювіальныхъ почвахъ Индіи и илистыхъ отложеніяхъ р. Нила. *Прим. перев.*

такомъ случаѣ образуются жильныя вулканическія породы, какъ это мы и наблюдаемъ нынѣ почти при всякомъ изверженіи. Въ другихъ, относительно, рѣдкихъ случаяхъ, жилы заполняются твердыми продуктами размыванія, каковы: глина, песокъ и гальки; къ нимъ примѣшиваются нерѣдко куски дерева, зубы и кости животныхъ, а также раковины моллюсковъ. Третій способъ заполненія трещинъ заключается въ выдѣленіи кристаллическихъ минераловъ изъ водныхъ растворовъ. Наконецъ, газообразные и парообразные продукты вулканическихъ изверженій, подымаясь по трещинамъ, могутъ сгуститься и также образовать жилу. Такъ, напр., извѣстно, что въ кратерѣ Везувія „продуктами возгонки“ являются различныя соединенія мѣди и свинца; очевидно, то же можетъ происходить и на стѣнахъ трещинъ. Многіе геологи приписываютъ такое именно происхожденіе большей части золотыхъ, серебряныхъ и свинцовыхъ жилъ. Мы не можемъ здѣсь останавливаться подробно на этомъ вопросѣ, такъ какъ вернемся къ нему въ главѣ о полезныхъ ископаемыхъ (см. 2 часть).

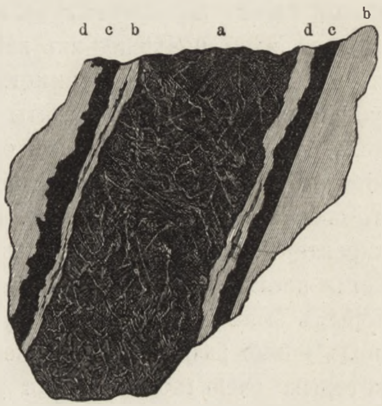


Рис. 281. Разрѣзъ жилы „Spitaler Gang“ у Шемница (по Липольдту). а) Сѣрный колчеданъ, свинцовый блескъ, цинковая обманка и мѣдный колчеданъ съ кварцемъ, вв) бѣлый кварцъ. сс) плотная руда, дд) трахитъ. въ которомъ залегаетъ жила.

Трещины, заполненныя изверженными массами, даютъ происхожденіе такъ называемымъ жильнымъ породамъ (Gesteinsgänge); къ числу послѣднихъ относятся: граниты, порфиры, базальты, трахиты и др. массивныя породы вплоть до современныхъ намъ лавъ. Иной характеръ носятъ „минеральныя“ жилы (Mineralgänge). Здѣсь мы находимъ обыкновенно кварцъ, известковый шпатъ, тяжелый шпатъ, плавиковый шпатъ, цѣлый рядъ другихъ менѣе важныхъ минераловъ и, наконецъ, различныя руды.

Золото, серебро, мѣдь, свинецъ, олово, цинкъ, желѣзо и друг. встрѣчаются въ жилахъ или въ самородномъ состояніи, или въ видѣ различныхъ химическихъ соединеній; большинство металловъ, извлекаемыхъ на пользу человѣка изъ нѣдръ земли, получается изъ жилъ. Иногда вся жила состоитъ изъ одного минерала: кварца, известковаго шпата, тяжелаго шпата и др.; иногда она представляетъ смѣсь различныхъ минераловъ; наконецъ, въ жилѣ можетъ преобладать одинъ извѣстный минералъ, на ряду съ которымъ встрѣчаются въ незначительномъ количествѣ другіе минералы, игравшіе подчиненную роль въ заполненіи трещины.

Иной характеръ носятъ симметрически образованныя жилы, въ которыхъ минеральныя массы располагаются „поясами“, параллельными стѣнкамъ; при этомъ пояса повторяются въ одинаковомъ порядкѣ по обѣ стороны жилы. Такова, напримѣръ, минеральная жила — „Spitaler Gang“ у Шемница (Щавницы) въ Венгріи. Составъ ея слѣдующій: въ серединѣ жилы залегаютъ сѣрный колчеданъ, свинцовый блескъ и мѣдный колчеданъ, образуя поясъ въ 1 метръ мощностью; всѣ эти минералы прорѣзываются многочисленными жилами и гнѣздами бѣлаго кварца; съ обѣихъ сторонъ этотъ поясъ окаймляется бѣлымъ кварцемъ, мощностью въ нѣсколько сантиметровъ; наконецъ, къ послѣднему примыкаетъ съ той и другой стороны плотная руда; она непосредственно прилегаетъ къ трахиту, въ которомъ залегаетъ эта жила. Послѣдовательность расположенія минераловъ въ жилѣ позволяетъ наглядно представить исторію послѣдней: прежде всего на стѣнахъ новообразовавшейся трещины отложи-

лись пояса плотной руды; съ теченіемъ времени притокъ матеріала, необходимаго для ея образованія, прекратился; его мѣсто заступили растворы кремнекислоты, которая и образовала пояса бѣлаго кварца: главныя массы руды, расположенныя въ techerединѣ, образовались всего позже: онѣ заполнили оставшееся пустымъ пространство (смотри рис. 281).

Эти явленія, впервые подмѣченныя Вернеромъ, бываютъ иногда значительно сложнѣе, какъ это и можно видѣть на многихъ примѣрахъ, которые мы находимъ въ Фрейбергскомъ горномъ округѣ. Вернеръ описываетъ, между прочимъ, „Григорьевскую" жилу (Gregoriusgang), въ которой по обѣимъ сторонамъ разъединенной породы залегаетъ бѣлый кварцъ; далѣе слѣдуютъ свинцовый блескъ, желѣзный шпатъ, опять свинцовый блескъ, темная серебряная руда (пираргиритъ) и, наконецъ, серебряный блескъ (аргентитъ); въ самой серединѣ жилы находится известковый шпатъ: это, очевидно, новѣйшее изъ всѣхъ образованій, заполнившихъ трещину.

Однако, подобная симметрія наблюдается не всегда: очень часто минералы, заполняющіе трещину, развиты неодинаково съ разныхъ сторонъ, иногда даже происходитъ разрывъ жильныхъ образованій, сопровождающійся повторнымъ заполненіемъ новой трещины: при этомъ образуются уже другіе минералы, располагающіеся въ свою очередь симметрично. Въ послѣднемъ случаѣ исторія жилы носитъ сложный характеръ: сперва образовалась трещина, въ которой отложились минералы и руды; когда послѣдніе совсѣмъ заполнили ее, повторились тѣ тектоническія движенія, которымъ была обязана трещина своимъ первоначальнымъ возникновеніемъ, произошелъ новый разрывъ, и въ раскрывшейся трещинѣ стали опять отлагаться руды, которыя, очевидно, не могли уже занять положенія симметричнаго съ прежними образованіями. Нерѣдко въ такія трещины низвергаются обломки камней. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ столь многочисленны, что вся жила пріобрѣтаетъ строеніе брекчіи: минералы и руды, являются только какъ-бы цементомъ, связывающимъ въ одно цѣлое отдѣльные осколки: иногда они располагаютъ прекрасно выраженными концентрическими слоями (Ringelerze).

Вывѣтриваніе.

При переходѣ въ растворъ одной изъ составныхъ частей породы, происходитъ разрыхленіе и распаденіе послѣдней: порода, какъ говорятъ, *вывѣтривается*. Процессъ вывѣтриванія играетъ чрезвычайно важную роль въ образованіи формъ земной поверхности: онъ происходитъ не только подъ вліяніемъ химическаго дѣйствія чистой воды или воды, содержащей углекислоту, но является результатомъ цѣлаго ряда другихъ условій, главнымъ образомъ, слѣдствіемъ расширенія воды при замерзаніи. Извѣстно, что ледъ легче воды и плаваетъ на поверхности: это уже показываетъ, что вода, переходя въ твердое состояніе, расширяется. Насколько велика развивающаяся при этомъ сила, можно судить на основаніи слѣдующаго опыта: возьмемъ чугунный шаръ (бомбу) и, наполнивъ его водою, плотно закроемъ отверстіе; будучи поставлена на морозъ, такая бомба разорвется. Точно также разрушаются и горныя породы; въ поры и мельчайшія трещины ихъ проникаетъ вода и, замерзая, оказываетъ извѣстное давленіе, вслѣдствіе котораго порода раздробляется. Особенно сильно выражается это дѣйствіе въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ наблюдаются рѣзкія коле-

банія температуры и случаются ночные морозы. Въ теплыхъ странахъ, гдѣ температура никогда не падаетъ до нуля, такое дѣйствіе воды невозможно; но, по свидѣтельству путешественниковъ, въ Сахарѣ уже простое чередованіе охлажденія и нагрѣванія вызываетъ разрушеніе горныхъ массъ. Въ теченіе дня палящіе лучи нагрѣваютъ породу, а послѣ заката солнца происходитъ охлажденіе, постепенно усиливающееся до наступленія утра; какъ только солнце опять появляется на горизонтѣ, начинается новое нагрѣваніе. Каждое охлажденіе сопровождается сокращеніемъ, и каждое нагрѣваніе—расширеніемъ породы. Долговременное повтореніе этихъ измѣненій ведетъ къ нарушенію цѣлости горныхъ массъ и заставляетъ огромныя глыбы распадаться постепенно на мелкіе обломки.

Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ въ разрушеніи горныхъ породъ принимаютъ участіе и растенія. Корни послѣднихъ попадаютъ въ тончайшія трещины и, вслѣдствіе постепеннаго роста, распираютъ и расширяютъ ихъ. Корни мелкихъ растеній, водорослей и лишаевъ, производятъ слабыя дѣйствія, мощные-же корни большихъ деревьевъ отрываютъ цѣлыя скалы. Если мы остановимъ наше вниманіе на лѣсистомъ ущельѣ съ крутыми стѣнами, то встрѣтимъ тамъ не одинъ примѣръ такихъ разрушеній: клинообразныя глыбы отдѣляются отъ стѣнъ и висятъ въ такомъ положеніи, что съ полною несомнѣнностью можно предсказать ихъ паденіе черезъ большій или меньшій промежутокъ времени; изъ трещины, которая отдѣляетъ эти глыбы отъ главной массы горъ, выдвигаются деревья; корни послѣднихъ непрерывно, хотя и незамѣтно, работаютъ надъ расширеніемъ трещины и подготовляютъ обвалъ.

Съ другой стороны, растенія способствуютъ и химическому разрушенію горныхъ породъ. Разлагаясь при свободномъ доступѣ воздуха, онѣ образуютъ углекислоту и воду. Но если растительные остатки скопляются въ большомъ количествѣ, то быстрое разрушеніе ихъ становится невозможнымъ; происходитъ медленное гніеніе, сопровождающееся образованіемъ не только углекислоты и воды, но и цѣлаго ряда органическихъ соединеній, каковы: гуминъ, геинъ, гуминовая и геиновая кислоты, а также кислоты жирнаго ряда, какъ, напр., муравьиная и др. Всѣ эти вещества дѣйствуютъ въ качествѣ сильныхъ растворителей горныхъ породъ и способствуютъ разрушенію и вывѣтриванію послѣднихъ; вмѣстѣ съ тѣмъ образуется слой *почвы*, состоящій изъ растительныхъ остатковъ и продуктовъ разрушенія горныхъ породъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ онъ достигаетъ огромной мощности; примѣромъ могутъ служить извѣстныя темныя почвы у Регенсбурга, черноземъ южно-русскихъ губерній и черная почва сѣверо-американскихъ прерій; впрочемъ, въ большинствѣ случаевъ почва образуетъ слои незначительной мощности.

Особеннаго вниманія заслуживаетъ слѣдующій фактъ: въ почвѣ, не подвергавшейся даже обработкѣ человѣка, попадаются въ очень ничтожномъ количествѣ или даже совсѣмъ отсутствуютъ куски твердыхъ породъ. Это явленіе было объяснено *Дарвиномъ*, который приписываетъ его *дѣятельности дождевыхъ червей*. Онъ замѣтилъ, что камни, лежащіе на поверхности почвы, съ теченіемъ времени совсѣмъ погружаются въ нее, или въ большей или меньшей степени осѣдаютъ. Дождевые черви прорѣзываютъ почву множествомъ длинныхъ ходовъ, глотаютъ при этомъ землю и, пропустивъ ее черезъ свой пищеварительный каналъ, выбрасываютъ на поверхность въ видѣ овальныхъ шариковъ. Кто внимательно разсматривалъ поверхность почвы въ саду или полѣ, тотъ замѣчалъ эти нѣжныя землистыя образованія: они лежатъ всюду въ огромномъ количествѣ, пока дождь не размоетъ ихъ и не рас-

предѣлитъ по поверхности всего даннаго участка. Невполнѣ разложившіяся органическія части поглощенной земли служатъ червямъ для питанія и въ ихъ пищеварительномъ каналѣ превращаются въ гумусъ; выдѣляя послѣдній наружу, черви увеличиваютъ слой черной земли на поверхности; такъ какъ они черпаютъ для этого матеріалъ изъ болѣе глубокихъ частей почвы, то послѣдняя должна постепенно осѣдать. Впрочемъ, эта теорія Дарвина не даетъ полнаго объясненія явленія: по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ странахъ, гдѣ вовсе не существуетъ дождевыхъ червей, гумусъ тѣмъ не менѣе образуется.

Въ послѣднее время высказано предположеніе, что извѣстная группа бактерій, такъ называемыя *нитробактеріи* (Nitromonas и др.), принимаютъ также дѣятельное участіе въ разрушеніи горныхъ породъ. Если эта догадка подтвердится новыми данными, то мельчайшимъ организмамъ, которые играютъ вообще большую роль въ экономіи природы, придется приписать также и важное геологическое значеніе. Названіе упомянутыхъ бактерій происходитъ вслѣдствіе предполагаемой ихъ способности выдѣлять азотную кислоту, соли которой носятъ названіе нитратовъ; необходимые для ихъ жизни азотъ и углеродъ онѣ поглощаютъ прямо изъ атмосферы, а потому могутъ развиваться на совершенно скалистой безплодной почвѣ. Обладая ничтожными размѣрами, лежащими даже за предѣлами тѣхъ, какіе мы можемъ наблюдать подъ микроскопомъ, эти организмы проникаютъ въ мельчайшія трещины горныхъ породъ и, размножаясь въ нихъ, производятъ то-же дѣйствіе, какъ лишаи и мхи; въ настоящее время мы не можемъ еще сказать, выдѣляютъ-ли эти бактеріи какой-нибудь особый секретъ, или дѣятельность ихъ является чисто механическою. Распространеніе нитробактерій не ограничивается какою-либо опредѣленною мѣстностью, а потому разрушительная дѣятельность ихъ можетъ обнаруживаться на самыхъ высочайшихъ, недоступныхъ вершинахъ горъ. Такъ, напр., было указано, что Фаульхорнъ на Бернскомъ нагорьѣ постепенно разрушается этими микроорганизмами; поэтому все болѣе и болѣе распространяется убѣжденіе, что распаденіе горныхъ массъ вообще должно быть въ значительной степени приписано незамѣтной работѣ нитробактерій.

Тамъ, гдѣ вывѣтриваніе происходитъ безъ всякихъ нарушеній, всѣ растворимыя части породы выщелачиваются, и на мѣстѣ остаются глина и песокъ. Если мѣстность обладаетъ малымъ наклономъ или, вслѣдствіе какихъ-либо другихъ причинъ, продукты разрушенія не могутъ быть унесены водой, то съ теченіемъ времени здѣсь накопляются мощные покровы рыхлыхъ образованій, прикрывающихъ тѣ породы, изъ которыхъ они произошли. Такія поверхностныя отложенія, происшедшія на мѣстѣ, *Траутшольдъ* весьма удачно называетъ *элювіемъ*. Само собой разумѣется, что эти рыхлыя образованія будутъ въ разныхъ мѣстахъ различны, смотря по свойствамъ подстилающихъ ихъ породъ; впрочемъ, это различіе не такъ рѣзко, какъ можно было бы думать: многія породы далеко несходныя по своему петрографическому составу, даютъ весьма близкіе продукты вывѣтриванія. Остановимся нѣсколько подробнѣе на образованіяхъ этого рода, свойственныхъ Средней Европѣ (Gehängelehm), на рыхлыхъ глинисто-песчаныхъ породахъ Истріи и Далмаціи (terra rossa) и, наконецъ, на такъ называемомъ латеритѣ, принадлежащемъ уже тропическимъ странамъ.

Въ умѣренно влажномъ климатѣ Европы, вслѣдствіе разрушенія разныхъ породъ, особенно кристаллическихъ сланцевъ, изверженныхъ массъ и глинисто-песчаныхъ обра-

зованій, происходятъ рыхлыя, желтобурыя массы элювія, который прикрываетъ всѣ склоны и въ низменныхъ мѣстахъ, куда онъ сносится дѣйствіемъ дождевой воды, образуетъ пласты огромной мощности. Въ глубокихъ частяхъ этихъ отложеній можно встрѣтить неразрушенные куски первоначальныхъ породъ; съ другой стороны, эти образованія представляютъ нѣкоторое различіе въ составѣ, смотря по тому, изъ какихъ породъ они произошли; точно опредѣлить границы распространенія этого вида элювія въ настоящее время еще нѣтъ возможности; несомнѣнно только, что онъ отсутствуетъ въ тропическихъ странахъ, а также въ области Средиземнаго моря гдѣ господствуетъ уже особый видъ поверхностныхъ глинистыхъ отложеній, — такъ называемая „красная земля“ (terra rossa).

Названіе это пріурочивается главнымъ образомъ къ отложеніямъ карстовыхъ прибрежныхъ областей Адріатическаго моря. „Красная земля“ обладаетъ здѣсь широкимъ распространеніемъ и залегаетъ огромными массами въ характерныхъ для этой мѣстности воронкообразныхъ провалахъ, — такъ называемыхъ „доллинахъ“. Она состоитъ изъ глины, чрезвычайно богатой желѣзомъ, и представляетъ, повидимому, окончательный продуктъ разрушенія известняковъ, остающійся на мѣстѣ послѣ полнаго растворенія углекислыхъ солей. На первый взглядъ кажется, что бѣлоснѣжные известняки окрестностей Карста не могутъ содержать въ своемъ составѣ красную глину; но простой опытъ доказываетъ противное: если мы возьмемъ большой кусокъ совершенно бѣлаго известняка этой мѣстности и растворимъ его въ уксусной кислотѣ, то получится незначительный осадокъ красной глины, которая содержитъ около 20 процентовъ окиси желѣза.

„Красная земля“ не представляетъ образованія, исключительно свойственнаго прибрежнымъ областямъ Адріатическаго моря; она обладаетъ также огромнымъ распространеніемъ въ Греціи, вообще въ области Эгейскаго моря и залегаетъ въ трещинахъ и воронкообразныхъ углубленіяхъ швабско-франконской равнины, образованной породами юрскаго возраста. „Красная земля“ встрѣчается почти повсемѣстно въ такихъ областяхъ, гдѣ характеръ залеганія известковыхъ породъ не допускаетъ удаленія образованныхъ ими продуктовъ разрушенія, или гдѣ этотъ процессъ дѣлается невозможнымъ въ виду сухости климата и отсутствія значительныхъ дождей; примѣромъ послѣдняго рода могутъ служить возвышенные коралловые известняки Багамскихъ островов. Впрочемъ „красная земля“, встрѣчается даже и въ такихъ мѣстностяхъ, гдѣ нѣтъ налицо ни того, ни другого условія, напр., въ известняковыхъ Альпахъ; на склонахъ этихъ горъ, бѣдныхъ перегноемъ и покрытыхъ скудною растительностью, находятся незначительныя количества землистыхъ образованій съ характернымъ краснымъ цвѣтомъ. Точно также красная глина, которая скопляется на днѣ пещеръ и гротовъ, принадлежащихъ известковымъ горамъ, представляетъ ту же „красную землю“, занесенную сюда водою.

Третій видъ элювіальныхъ образованій — такъ называемый *латеритъ* *): онъ обладаетъ большимъ сходствомъ съ „красною землею“ и покрываетъ огромные участки земной поверхноси. Вотъ какъ описываетъ эту породу *Рихтгофенъ:* „Латеритъ пользуется большимъ распространеніемъ во влажныхъ тропическихъ областяхъ юговосточной Азіи, Африки и Бразиліи и представляетъ поверхностное глинисто-песчаное образованіе съ богатымъ содержаніемъ желѣза; онъ происходитъ вслѣдствіе вывѣтри-

*) Отъ латинскаго слова later — кирпичъ.

ванія самыхъ разнообразныхъ породъ и обладаетъ кирпично-краснымъ или бурымъ цвѣтомъ и губчато-пористымъ строеніемъ; пустоты заполнены болѣе свѣтлымъ, часто даже бѣлымъ веществомъ; поэтому свѣжіе разломы латерита представляютъ пятнистый видъ. Обыкновенно эта порода обладаетъ извѣстною крѣпостью, но все же легко поддается дѣйствію ножа. На открытомъ воздухѣ она затвердѣваетъ, пріорѣтаетъ темнобурую окраску и строеніе, свойственное шлакамъ; при этомъ губчатая масса, заполняющая поры латерита, вымывается водою. Въ странахъ, гдѣ господствуетъ высокая температура, выпадаютъ обильные дожди и пышно разростается лѣсная растительность, мощность рыхлаго латеритоваго слоя увеличивается на счетъ разрушенія подстилающихъ его породъ, постепенно распространяющагося въ глубину. Но ростъ этихъ отложеній совершается и съ поверхности: текучая вода и вѣтеръ заносятъ сюда твердыя частицы, которыя также превращаются въ латеритъ. Различныя горныя породы, каковы: гнейсы и разные кристаллическіе сланцы, осадочныя образованія и изверженныя массы, какъ, напр., базальтъ и др., доставляютъ матеріалъ для образованія латерита, но механическіе и химическіе процессы, созидающіе эту породу, въ подробностяхъ остаются неясными и по сіе время*).

Глинисто-песчаныя поверхностныя образованія Средней Европы, „красная земля“ и латеритъ залегаютъ часто не на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ они первоначально образовались. Во многихъ случаяхъ они доставляли матеріалъ для образованія прѣсноводныхъ глинистыхъ отложеній дилювіальной эпохи и такъ называемаго лёсса, о которомъ будетъ рѣчь ниже. Въ настоящее время воды также смываютъ латеритъ съ возвышенныхъ мѣстъ и вмѣстѣ съ зернами унесеннаго песка отлагаютъ его въ глубокихъ долинахъ. Бразильскія рѣки выносятъ въ Атлантическій океанъ такія огромныя массы латерита, что морской илъ на далекомъ протяженіи отъ берега и въ глубину пріобрѣтаетъ кирпично-красную окраску. Такія явленія, наблюдаемыя въ настоящее время, невольно заставляютъ обратить вниманіе на красноцвѣтныя отложенія минувшихъ періодовъ. „Красный мертвый лежень“ (пермскаго періода), часто обладающій трансгрессивнымъ напластованіемъ, представляетъ огромныя скопленія красноцвѣтныхъ осадковъ; появленіе ихъ далеко не случайно; времени ихъ образованія предшествовалъ каменноугольный періодъ съ его большимъ развитіемъ материковъ; по аналогіи съ явленіями настоящаго времени мы должны допустить, что разрушеніе горныхъ породъ и тогда сопровождалось образованіемъ красноцвѣтныхъ землистыхъ продуктовъ. Въ пермскій періодъ эти продукты вывѣтриванія вошли въ составъ новообразовавшихся трансгрессирующихъ пластовъ. Также объясняется происхожденіе тріасовыхъ красныхъ песчаниковъ, залегающихъ на Атлантическомъ берегу отъ Новой Шотландіи до Южной Каролины и, богатыхъ окаменѣлостями красныхъ глинистыхъ известняковъ лейясоваго возраста, развитыхъ въ Восточныхъ Альпахъ; эти такъ называемые гирлятцкіе известняки заполняютъ неправильныя углубленія въ подстилающихъ ихъ

---

*) Въ Россіи элювіальныя образованія развиты во многихъ мѣстахъ. Такъ, напр., широкимъ распространеніемъ обладаютъ они въ Волжскомъ краѣ, гдѣ между устьемъ Ветлуги и г. Симбирскомъ мы находимъ залежи бурыхъ песчаныхъ глинъ, глинистыхъ или даже чистыхъ песковъ, сцементированныхъ въ нижнихъ горизонтахъ окислами желѣза, которые мѣстами образуютъ даже рудныя скопленія; эти элювіальныя образованія произошли изъ пестрыхъ мергелей, юрской глины, а также глинистыхъ и мергелистыхъ отложеній нижнемѣлового возраста. Вторымъ примѣромъ можетъ служить Нижегородская губернія, гдѣ юрскіе мергели даютъ элювіальныя буровато-желтыя и красновато-бурыя глины, а отложенія ледниковаго періода — пески То же наблюдается и въ другихъ мѣстахъ Россіи.
Прим. перев.

мощныхъ пластахъ бѣлаго кровельнаго известняка. Вслѣдствіе значительнаго отрицательнаго перемѣщенія береговой линіи прибрежныя известковыя отложенія оказались на сушѣ, и на поверхности ихъ образовалась „красная земля“ совершенно такимъ же образомъ, какъ это происходитъ нынѣ на приподнятыхъ коралловыхъ известнякахъ Багамы. Послѣ этого произошло обратное перемѣщеніе береговой линіи,—известняки скрылись подъ морскими водами, и богатая прибрежная фауна заселила всѣ углубленія и трещины въ этой породѣ; вслѣдствіе смѣшенія красноцвѣтной земли съ остатками раковинъ образовались глинисто-песчаные лейясовые известняки, карманообразныя залежи которыхъ представляютъ чрезвычайно своеобразный видъ.

Вывѣтриваніе распространяется равномѣрно отъ поверхности въ глубь породы только въ тѣхъ случаяхъ, когда послѣдняя обладаетъ одинаковымъ строеніемъ и свойствами. Послѣднее условіе не всегда имѣется налицо: вслѣдствіе нѣкоторыхъ причинъ, еще вполнѣ не разслѣдованныхъ, однѣ части породы разрушаются быстрѣе, другія медленнѣе, а потому вывѣтриваніе распространяется неравномѣрно *). Прекраснымъ примѣромъ можетъ служить особый видъ финляндскаго гранита, — такъ называемый раппакиви („гнилой камень“). Нѣкоторыя глыбы этой породы въ теченіе цѣлыхъ тысячелѣтій упорно сопротивляются разрушительнымъ силамъ, нѣкоторыя же дѣйствіемъ мороза и дождя совершенно разрушаются въ нѣсколько десятковъ лѣтъ. Это свойство раппакиви представляетъ особенный интересъ для жителей Петербурга, гдѣ огромное количество сооруженій, — зданій и памятниковъ, — построено изъ этого камня. Въ общемъ выборъ матеріала былъ, кажется, удаченъ, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ пользовались легко разрушающимися разновидностями этой породы. Таковъ, напримѣръ, огромный монолитъ Александровской колонны противъ Зимняго Дворца; несмотря на тщательныя заботы о сбереженіи этого памятника, онъ сильно пострадалъ и покрылся множествомъ трещинъ.

Своеобразныя формы вывѣтриванія получаются въ тѣхъ случаяхъ, когда порода покрывается системою болѣе или менѣе перпендикулярныхъ трещинъ и обладаетъ наклонностью къ образованію такъ называемыхъ плитообразныхъ отдѣльностей. Послѣднія свойственны нѣкоторымъ древнимъ массивнымъ породамъ, каковы граниты, сіениты и порфиры, а также гнейсамъ и нѣкоторымъ песчаникамъ. Воды, просачивающіяся по этимъ трещинамъ, производятъ вывѣтриваніе, и горныя массы распадаются мало-по-малу на отдѣльныя глыбы, образуя такъ называемыя розсыпи и „моря скалъ“; дѣятельность разрушительныхъ силъ продолжается, острыя ребра каменныхъ глыбъ сглаживаются, и обломки горной породы пріобрѣтаютъ своеобразно округлыя формы (wollsackähnliche oder wollsackartige Formen). Эти скопленія закругленныхъ глыбъ во многихъ мѣстахъ привлекаютъ толпы посѣтителей; въ видѣ примѣра можно указать гранитное море скалъ у Ауернгейма въ Оденвальдѣ и болѣе скромныя по своимъ размѣрамъ розсыпи пестрыхъ песчаниковъ на южномъ берегу Неккара у Гейдельберга. Въ другихъ случаяхъ слегка закругленныя плитообразныя отдѣльности породы фантастически нагромождаются другъ на друга, образуя причудливыя накопленія каменныхъ глыбъ, какъ это мы и видимъ въ Саксонской и Чеш-

---

*) Поэтому-то нижняя граница элювіальнаго слоя представляетъ часто весьма неправильныя очертанія и имѣетъ даже бахромчатый видъ; вывѣтрившаяся порода вклинивается въ свѣжую породу въ видѣ языковъ, воронокъ и т. п. Ванъ деръ-Брокъ, много занимавшійся вывѣтриваніемъ (особенно въ Бельгіи), называетъ такія вклиненія „карманами“ (les poches) и „колодцами“ (les puits). *Прим. перев.*

ской Швейцаріи и въ нѣкоторыхъ гранитныхъ областяхъ *). Наконецъ, слѣдуетъ упомянуть здѣсь о такъ называемыхъ „развалившихся" вершинахъ (Blockgipfel); этимъ словомъ обозначаютъ безпорядочныя скопленія огромныхъ глыбъ, происшедшія отъ разрушенія вершинъ (отсюда названіе нѣкоторыхъ русскихъ горъ — „развалки"). Примѣромъ могутъ служить высоты Гарца, главнымъ образомъ Брокена, многія изъ Сосновыхъ горъ (Фихтельгебирге), нѣкоторыя вершины Баварскаго лѣса и Судетовъ, а также сланцевыхъ центральныхъ Альпъ.

Размываніе.

Размельчая горныя породы, вывѣтриваніе подготовляетъ почву для другой дѣятельности воды, которая заключается въ механическомъ разрушеніи, а также переносѣ матеріала и называется *размываніемъ* (эрозіей). Вода, выпадающая на землю въ формѣ дождя, отчасти испаряется или просачивается въ почву, отчасти-же течетъ по поверхности земли, образуя ручьи и рѣки, которыя изливаются, наконецъ, въ озера или въ моря. При своемъ движеніи вода слѣдуетъ законамъ тяжести: она течетъ по направленію внизъ и производитъ при этомъ значительное механическое дѣйствіе на рыхлыя мало прочныя массы (см. рис. 282): песокъ и глину текущая вода непосредственно размываетъ и уноситъ; твердыя-же горныя породы она можетъ разрушать лишь въ слабой степени. Здѣсь главная роль принадлежитъ уже вывѣтриванію, послѣдствіемъ котораго является раздробленіе породы въ щебень. Эти-то обломки, попадая въ воду, и сообщаютъ ей способность размывать даже самыя твердыя породы. Каждая песчинка и галька, передвигаемая водою по поверхности горныхъ массъ, стираетъ и стачиваетъ ихъ; дѣйствіе это распространяется постепенно на болѣе глубокія части до тѣхъ поръ, пока хватаетъ силъ потока уносить образующіеся твердые продукты разрушенія. Если наклонъ русла уменьшается и теченіе воды становится болѣе медленнымъ, размываніе прекращается, и всѣ твердыя частицы,—гальки, песокъ и илъ, отлагаются мало-по-малу на днѣ.

Легко разрушающіяся породы размываются и уносятся водою гораздо легче и скорѣе, чѣмъ породы стойкія и прочныя; благодаря этому, въ нѣкоторыхъ случаяхъ происходятъ своеобразныя явленія. Часто дѣйствія химическихъ и механическихъ силъ такъ тѣсно сливаются, что опредѣлить, какая роль принадлежитъ одному фактору, и какая—другому, нѣтъ никакой возможности. Иногда механическое дѣйствіе воды сообщаетъ поверхности прихотливыя формы; примѣромъ могутъ служить такъ называемые „земляные столбы" или „земляныя пирамиды", которыя встрѣчаются въ разныхъ мѣстахъ; прекрасные образцы ихъ набюдались первоначально близъ Боцена. Въ долинахъ Катценбаха и Финстербаха видны сотни плоскихъ, въ боль-

---

*) Въ Россіи можно было-бы указать цѣлый рядъ подобныхъ образованій. Примѣромъ могутъ служить такъ называемыя „гранитныя палатки" на восточномъ склонѣ южнаго Урала, близъ станціи Степной, представляющія рядъ плитняковыхъ отдѣльностей, прихотливо нагроможденныхъ другъ на друга. Еще своеобразнѣе формы такъ называемаго „Чертова Городища" около г. Екатеринбурга. Это—массивныя гранитныя скалы, получившія отъ вывѣтриванія плитняковую (матрацовую) отдѣльность и разбитыя вертикальными трещинами на неправильные столбы. Сюда-же слѣдуетъ отнести цѣлую свиту отдѣльныхъ столбовъ на берегу Колыванскаго озера на Алтаѣ и многія другія образованія.

Прим. перев.

шинствѣ случаевъ совершенно свободно стоящихъ столбовъ; они состоятъ изъ довольно твердой красноватой глины; на вершинѣ каждаго изъ нихъ почти всегда лежитъ большая каменная глыба. Высота столбовъ достигаетъ 30 метр.; у основанiй они обладаютъ пирамидальной формой и оканчиваются коническимъ заостренiемъ (см. рис. 283). Происхожденiе этихъ любопытныхъ образованiй чрезвычайно просто: бѣглый осмотръ долинъ показываетъ, что стѣны ихъ образованы тою-же красною глиною; въ послѣдней наблюдаются многочисленныя включенiя большихъ и неправильныхъ глыбъ камней. Общее распредѣленiе матерiала, многочисленныя царапины на камняхъ и слѣды ихъ полировки заставляютъ считать эти образованiя остаткомъ ледниковой морены. Сначала ручьи прорыли здѣсь узкiе и глубокiе каналы, которые были расширены дѣйствiемъ дождевой воды, стекавшей по склонамъ и постепенно уносившей глину. Большiя глыбы камней, которыя лежали непосредственно на поверхности или выступили изъ глубины облѣплявшей ихъ и мало-по-малу разрушенной массы, защищали отъ дальнѣйшаго размыванiя залегавшую подъ ними глину; въ теченiе многихъ тысячелѣтiй дѣйствiемъ дождевой воды были унесены окололежащiя рыхлыя массы; остались неразрушенными только одинокiе столбы, выдвигающiеся нынѣ въ видѣ высокихъ башенъ и прикрытые сверху гранитными и порфировыми глыбами; множество мелкихъ камней, вложенныхъ тутъ и тамъ въ стѣны этихъ пирамидъ, сообщаютъ послѣднимъ своеобразную пестроту и прихотливыя внѣшнiя формы.

Рис. 282. Огромная рытвина, размытая дождемъ и впадающая въ каньонъ Сольтъ Крикъ въ Утахѣ въ Сѣв. Америкѣ. (По Кингу.)

Глина, содержащая въ своей массѣ большiя и мелкiя каменныя глыбы, пользуется широкимъ распространенiемъ въ Альпахъ, а потому и земляныя пирамиды

встрѣчаются здѣсь въ разныхъ мѣстахъ, красота этихъ образованій въ швейцарскомъ кантонѣ Валлисѣ доставила имъ всемірную извѣстность. Мѣстонахожденіе земляныхъ столбовъ не ограничивается глинистыми отложеніями ледниковыхъ моренъ; при благопріятныхъ условіяхъ они могутъ образоваться всюду, гдѣ въ рыхлыхъ, легко разрушающихся массахъ разсѣяны въ безпорядкѣ глыбы болѣе стойкихъ породъ; таковы, напр., рыхлые вулканическіе туфы съ включенными въ нихъ вулканическими бом-

Рис. 283. Земляные столбы близъ Боцена.

бами. Наконецъ разсматриваемыя фантастическія скалы встрѣчаются всюду, гдѣ различныя части породы не одинаково легко поддаются разрушенію (см. рис. 284). Онѣ выдвигаются то въ видѣ колоннъ и обелисковъ, то въ видѣ иголъ, иногда напоминаютъ грибы и представляютъ множество другихъ своеобразныхъ формъ (см. рис. 285). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эти пирамиды достигаютъ огромной величины, какъ, напр., „Каменный соборъ“ (Kathedralenklippe) на р. Колорадо, въ западной части Сѣверной Америки, иногда обладаютъ скромными размѣрами. Въ сухихъ, бѣдныхъ атмосферными осадками областяхъ такія образованія встрѣчаются вообще чаще, чѣмъ въ сырыхъ дождливыхъ мѣстностяхъ; огромное множество земляныхъ и каменныхъ пирамидъ мы встрѣчаемъ въ Великой котловинѣ Сѣверной Америки, между Сіеррой-Невадой и Скалистыми горами; благодаря обилію этихъ образованій, здѣсь одна мѣстность получила даже названіе „Парка памятниковъ“ (см. рис. 286 и картину

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

КАМЕННЫЙ СТОЛБЪ ВЪ ВІОМИНГѢ (Сѣв. Америка).

(Изъ U.S.A. Geological Survey.)

на особомъ листѣ „Каменный столбъ въ Віомингѣ, въ Сѣверн. Америкѣ“). Другая подобная-же область, расположенная у восточнаго подножія Скалистыхъ горъ, носитъ названіе „Сада Боговъ“ (Garden of the Gods; см. рис. 285). Твердые яркокрасные песчаники тріасоваго періода выдвигаются здѣсь въ чрезвычайно своеобразныхъ формахъ; неудивительно, что индѣйцы считали эти продукты вывѣтриванія и размыванія воплощеніемъ своихъ боговъ и совершали передъ ними молитвы. Новый примѣръ причудливыхъ формъ размыванія представляетъ рис. 287, гдѣ изображена группа огромныхъ естественныхъ столбовъ мѣла въ Скерми на Кавказѣ.

Рис. 284. Каменные столбы въ Саду Памятниковъ въ Сѣверной Америкѣ.

Различное отношеніе горныхъ породъ къ вывѣтриванію обнаруживается и въ тѣхъ странахъ, гдѣ мы не встрѣчаемъ вовсе своеобразныхъ формъ разрушенія. Если среди малопрочныхъ массъ залегаютъ мѣстами породы, съ трудомъ поддающіяся дѣйствію разрушительныхъ силъ, то вслѣдствіе размыванія онѣ образуютъ выступы или даже ряды холмовъ; наоборотъ: тамъ, гдѣ залегали породы, слабо противустоящія разрушенію, получаются углубленія или впадины. Внѣшнія формы стоятъ въ тѣсной связи со степенью прочности образующихъ ее породъ. Благодаря этому, геологъ получаетъ чрезвычайно важныя указанія при составленіи карты, гдѣ онъ долженъ отмѣтить распространеніе извѣстныхъ группъ и системъ пластовъ. Существованіе стойкихъ, трудно разрушающихся породъ, непосредственно отражается на формахъ рельефа, и опытный глазъ при бѣгломъ осмотрѣ мѣстности съ какого-нибудь возвышеннаго холма опредѣляетъ на далекомъ разстояніи распредѣленіе системъ

Какъ-бы своеобразны ни были формы вывѣтриванія и размыванія,—онѣ сводятся къ дѣйствію чрезвычайно простой причины, именно къ движенію воды, которая по законамъ тяжести направляется книзу; она уноситъ твердыя части породъ или, подмывая послѣднія, подготовляетъ обвалъ. Сила такого дѣйствія воды зависитъ не только отъ ея количества, а также отъ наклона русла и свойствъ размываемой породы. На утесистыхъ склонахъ высокихъ горъ размываніе происходитъ особенно сильно и поддерживается рядомъ другихъ разнообразныхъ дѣятелей разрушенія. Въ скалистыхъ областяхъ Альпъ, бѣдныхъ растительностью, слышенъ почти непрерывный шумъ низвергающихся обломковъ. Покрываясь множествомъ трещинъ и разрых-

Рис. 285. Пирамиды песчаника въ Саду Боговъ въ Сѣверной Америкѣ

ляясь дѣйствіемъ дождей, горныя массы приходятъ, наконецъ, въ такое состояніе, что уже ничтожный толчекъ вызываетъ ихъ паденіе. Когда пробѣгаетъ по такому мѣсту стадо дикихъ козъ, во всѣ стороны устремляются потоки обломковъ; на нѣкоторыхъ склонахъ нельзя найти ни одного прочнаго выступа, за который можно было-бы ухватиться при подъемѣ; приходится идти тяжелой поступью въ особой обуви и съ зазубренной на концѣ палкой; все время изъ-подъ ногъ соскальзываютъ камни, и вся гора колеблется и движется, точно живая. Само собой разумѣется, что огромныя массы подмытыхъ и растрескавшихся камней обрываются и безъ всякаго внѣшняго толчка, исключительно подъ вліяніемъ своей тяжести; они съ шумомъ скатываются внизъ по глубокимъ рытвинамъ, изрѣзывающимъ склоны; нѣтъ никакой возможности пользоваться послѣдними при подъемѣ на гору, и только подвергаясь страшной опасности, путешественникъ отваживается заглянуть въ эти мѣста.

Безъ внѣшняго толчка сваливаются обыкновенно одинокія глыбы; тѣмъ не менѣе

количество обломковъ, низвергшихся такимъ образомъ къ подножію, становится съ теченіемъ времени огромнымъ. Если рытвины или ущелья, по которымъ скаты-

Рис. 286 Размытые слои осадковъ въ Віомингѣ, въ Сѣв. Америкѣ.

вались обломки, открываются въ большую плоскую долину, то у ихъ устьевъ скопляются конусообразныя кучи щебня: остріемъ конусъ прислоняется къ нижнему концу

Рис. 287. Столбы мѣла въ Скерми на Кавказѣ.

рытвины, а основаніемъ расплывается по долинѣ. Если по ущелью протекаетъ также ручей, то склоны конуса становятся отлогими, если-же щебень падаетъ только подъ вліяніемъ своей тяжести, то онъ образуетъ крутые склоны, достигающіе предѣла, при

которомъ можетъ существовать коническая куча. Если у подножія горы лежитъ нѣсколько такихъ конусовъ, то они могутъ слиться своими основаніями, образовавъ одну общую осыпь *). Чрезвычайно поучительно наблюдать эти правильныя конусообразныя скопленія щебня съ какой-нибудь выдающейся вершины. Поднявшись на вершину Зонніоха у Ахенскаго озера и окинувъ оттуда взоромъ долину Фальцтурна, можно видѣть огромное множество каменныхъ потоковъ, которые спускаются со всѣхъ горъ и усыпаютъ обломками всю почву долины.

Обвалы.

Движеніе горныхъ массъ пріобрѣтаетъ иногда угрожающіе размѣры и сопровождается катастрофами, которыя производятъ опустошенія въ долинахъ. Эти грозныя явленія, происходящія вслѣдствіе обрыва и паденія огромныхъ скалъ, носятъ названіе *обваловъ* (Bergstürze, Erdrutschungen). Люди, захваченные бѣдствіемъ, склонны иногда думать, что на нихъ обрушивается цѣлая гора; хотя размѣры падающихъ скалъ бываютъ чрезвычайно огромны, но въ сравненіи съ общею массою горы они во всякомъ случаѣ незначительны: обвалы производятъ незначительныя измѣненія склоновъ, и когда обнаженныя скалы снова покроются растительностью, вліяніе ихъ на общую физіономію горы остается незамѣтнымъ даже для хорошаго знатока мѣстности. Страшный обвалъ, происшедшій въ 1881 году у Эльма въ кантонѣ Гларусъ, сопровождался паденіемъ въ долину около 10-ти милліоновъ кубическихъ метровъ обломковъ, но гора Чингель, съ которой сорвались эти массы, почти не измѣнилась. „Катастрофа выразилась главнымъ образомъ появленіемъ сѣрыхъ обнаженій; на формѣ горы она не отразилась; когда склоны опять одѣнутся лѣсомъ, то на нѣкоторомъ отдаленіи даже знатокъ мѣстности не замѣтитъ слѣдовъ обвала“ (*Геймъ*).

Въ рѣдкихъ случаяхъ рушатся даже цѣлыя горы; такова, напр., страшная катастрофа въ группѣ Брента въ юго-западномъ Тиролѣ, разразившаяся въ маѣ 1882 г. Объ этомъ грозномъ явленіи почти въ теченіе двухъ лѣтъ не получалось никакихъ извѣстій. Тѣмъ большій интересъ представляетъ слѣдующее сообщеніе *Рихтера:*

---

*) Здѣсь кстати будетъ отмѣтить различіе между *„розсыпями* и *осыпями“*. Первымъ изъ этихъ терминовъ обозначаются скопленія отдѣльныхъ глыбъ, происшедшія отъ вывѣтриванія и оставшіяся на мѣстѣ первоначальнаго залеганія. Онѣ располагаются или на вершинѣ горы, если она ровна и плоска, или чаще на склонахъ; въ этомъ случаѣ онѣ образуютъ широкія полосы, спускающіяся часто до самой подошвы; таковы, напр., большія розсыпи порфира на Бештау, Развалкѣ и другихъ горахъ этой-же мѣстности; здѣсь онѣ пріобрѣтаютъ такое огромное развитіе, что первоначальныя породы совершенно скрываются подъ грудами обломковъ или выступаютъ изъ-подъ ихъ толщи въ видѣ одинокихъ столбовъ. Старыя розсыпи заростаютъ, а новыя представляютъ голыя каменистыя поля. Въ Уралѣ на кварцитовыхъ горахъ Таганая, Уренги, Иремеля, Уй-таша, Зигалги и др. розсыпи достигаютъ огромныхъ размѣровъ и дѣлаютъ вершину недоступною. Если обломки породъ не остаются на мѣстѣ первоначальнаго залеганія, а скатываются съ вершинъ или крутыхъ склоновъ горъ и нагромождаются у подошвы, то получаются такъ называемыя осыпи. Какъ видно изъ сказаннаго выше, образованіе послѣднихъ происходитъ непрерывно: въ нѣкоторыхъ мѣстахъ обломки падаютъ такъ часто, что проѣзжать тамъ можно только съ большою опасностью. Послѣ дождей на склонахъ, одѣтыхъ травою, видны широкія полосы скатывающихся камней. Разсмотрѣнныя выше конусообразныя скопленія щебня представляютъ одинъ изъ видовъ розсыпей. Заросшія, а потомъ опять размытыя осыпи даютъ нерѣдко начало „землянымъ пирамидамъ“

Прим. перев.

„Живописная группа Брента образована многочисленными призматическими скалами, которыя иногда стоятъ одиноко, иногда располагаются рядами другъ подлѣ друга и въ общемъ напоминаютъ знаменитые „Три Зуба“ въ Тиролѣ у Шлудербаха (см. рис. на особомъ листѣ, стр. 12). Одна изъ такихъ скалъ оборвалась и низверглась въ долину, которая тянется отъ Брента Альта къ Бокка-ди-Брента. Всѣ зубчатые столбы этой мѣстности обнаруживаютъ слоистое строеніе, при чемъ пласты, ихъ образующіе, располагаются наклонно; можно думать, что обвалившаяся скала просто соскользнула по плоскости наслоенія, а потому разрушительной дѣятельности воды въ этомъ обвалѣ должна быть приписана второстепенная роль.

„Высота обвалившейся глыбы достигаетъ во всякомъ случаѣ нѣсколькихъ сотъ метровъ, 400 или больше,—не берусь рѣшать, поперечникъ же составляетъ четверть высоты. Эта огромная масса оборвалась съ высоты около 200 метровъ и, ударившись о скалистый выступъ, который ей встрѣтился на пути, низверглась въ долину: она образовала цѣлые потоки известковыхъ осколковъ, которые неслись въ разныхъ направленіяхъ. Особенно замѣчательнымъ въ этомъ явленіи было движеніе щебня, который, какъ можно думать, лился на далекомъ разстояніи подобно жидкости. Доказательствомъ этого служитъ громадность площади, покрытой имъ; чтобы добраться до Бокка-ди-Бренто, нужно болѣе чѣмъ $1^1/_2$ часа идти по обломкамъ. Отсюда уже ясно, что слой принесеннаго обваломъ матеріала не можетъ быть очень мощнымъ; какъ мнѣ кажется, на окраинахъ засыпанной области онъ достигаетъ только нѣсколькихъ метровъ въ толщину.

„Эти потоки бѣлаго крѣпкаго известняка, съ страшнымъ шумомъ низвергавшіеся по уступамъ и разбрасывавшіе во всѣ стороны градъ остроконечныхъ обломковъ, представляли, должно быть, величественное зрѣлище. Но природа не позволила смертнымъ увидѣть его: черная дождливая ночь окутывала горы непроницаемымъ мракомъ, и только въ Санта Маріа ди Кампильо жители слышали страшный шумъ и были увѣрены, что насталъ конецъ міра“.

Послѣдній толчекъ, заставляющій низвергаться горныя массы, бываетъ въ разныхъ случаяхъ различенъ, причина же заключается обыкновенно въ разрушеніи тѣхъ породъ, которыя поддерживали обвалившуюся скалу въ ея естественномъ положеніи. Простѣйшій случай представляютъ пласты, круто падающіе по направленію къ долинѣ. Если, напр., между известковыми пластами располагается легко разрушающійся слой глины или мергеля, то съ теченіемъ времени онъ будетъ размытъ водою: расположенные надъ нимъ пласты потеряютъ опору и станутъ скользить къ долинѣ по поверхности размытаго слоя. Вслѣдствіе такого скольженія „лейясовыхъ известняковъ“ произошелъ тысячу лѣтъ назадъ страшный обвалъ у Ровередо въ южномъ Тиролѣ: горныя массы оборвались съ Монте Цуна и устремились въ долину р. Эча, заваливъ ее во всю ширину и запрудивъ рѣку. По сообщенію одной хроники этотъ обвалъ произошелъ въ 883 г., во времена Карла Толстаго. Данте упоминаетъ въ своей „Божественной комедіи“ („Адъ“, пѣснь 12, ст. 4—9) объ обвалѣ Санъ-Марко, засыпавшемъ городъ Лагарисъ:

„Не вдалекѣ отъ Тренто есть обвалъ:
Онъ сброшенъ былъ въ Адиджъ землетрясеньемъ,
Иль самъ собой, осунувшись, упалъ.
Тамъ грозный слѣдъ оставленъ разрушеньемъ,
Въ долину такъ обрывистъ косогоръ,
Что сверху внизъ нѣтъ схода по каменьямъ.

Еще грознѣе былъ обвалъ, произведенный землетрясеніемъ 25 января 1348 г. близъ Добрача въ Каринтіи и засыпавшій 19 деревень (см. стр. 330).

Среди многочисленныхъ обваловъ послѣдняго времени заслуживаетъ вниманія страшная катастрофа, разразившаяся 2 сентября 1806 г. у *Гольдау* въ Швейцаріи. Огромныя массы третичныхъ конгломератовъ (такъ называемыхъ „нагельфлю") соскользнули съ поверхности размытыхъ пластовъ мергеля; въ долину низвергнулось 15 милліоновъ кубическ. сантиметровъ твердой породы; было убито 457 человѣкъ и разрушено 111 домовъ, 2 церкви и 220 хлѣвовъ и амбаровъ. Очевидецъ этого явленія Заимъ описываетъ его слѣдующимъ образомъ: „Нижнія части склоновъ начали медленно скользить. Вверху отъ огромной скалы образовалась мощная глыба, вслѣдъ за нею стали медленно отдѣляться и скатываться внизъ другіе обломки. Почва на склонахъ пришла въ движеніе, и зеленый покровъ дерна обернулся нижней стороной, сообщивъ горамъ буро-черный цвѣтъ. Огромныя сосны закачались изъ стороны въ сторону. Птицы поднялись стаями и съ громкимъ крикомъ полетѣли къ горѣ Риги. Огромные камни катились по склонамъ горъ, разрушали дома и хозяйственныя строенія и ломали деревьи; мелкіе быстро низвергались въ долину и являлись какъ бы предвѣстниками паденія огромныхъ массъ, которыя вскорѣ затѣмъ сорвались съ горъ.

„Вдругъ лѣсъ задвигался сильнѣе; каменныя глыбы, сорвавшіяся съ горъ, и высокія сосны, красовавшіяся прежде на вершинахъ отвѣсныхъ скалъ, въ безпорядкѣ устремились внизъ. Лѣса и земля, скалы и камни — все начало скользить, сначала медленно, а потомъ все быстрѣе и быстрѣе. Грохотъ и трескъ напоминали продолжительные раскаты грома и, усиливаясь многократнымъ отраженіемъ въ ущельяхъ, достигали ужасающей силы. Огромные куски дерна, скалы величиною съ домъ и цѣлыя сосны взлетали на воздухъ. Краснобурая пыль туманомъ поднялась надъ землею и окутала густымъ облакомъ картину разрушенія. Горы и скалы дрожали, земля колебалась, люди съ ужасомъ созерцали грозное явленіе. Птицы, задержанныя въ ихъ полетѣ, падали внизъ; дома, люди и скотъ съ быстротою пушечнаго ядра взлетали на воздухъ. Ловерцское озеро пришло въ бурное движеніе, и стремительныя волны его, ринувшись на землю, усилили опустошеніе. Разрушеніе охватывало не только долину, но распространилось и на крутое подножіе Риги, гдѣ нѣкоторыя деревья и скалы высоко подпрыгивали въ воздухѣ. Все явленіе, произведшее грозныя опустошенія, длилось не дольше, чѣмъ читаются эти строки, т.-е. какія-нибудь 3—4 минуты".

Часто разрывъ горныхъ массъ происходитъ не по плоскости напластованія, а по произвольно расположеннымъ трещинамъ. Размываніе, производимое ручьями, усиливается дѣйствіемъ подземныхъ водъ, а потому вырубаніе лѣсовъ часто служитъ ближайшею причиной обвала. Послѣднимъ толчкомъ, вызывающимъ движеніе горныхъ массъ, являются въ большинствѣ случаевъ продолжительные дожди: въ Альпахъ большинство обваловъ происходитъ въ апрѣлѣ, во время таянія снѣговъ, или въ сентябрѣ, когда льютъ сильные дожди.

Прекрасно выяснены причины большого Эльмскаго обвала, который разразился въ долинѣ Зернфа, въ кантонѣ Гларусъ, въ Швейцаріи и былъ подробно разслѣдованъ *Геймомъ*. Надъ деревушкой Эльмъ возвышаются обрывистые склоны Чингеля, образованные круто падающими и изогнутыми пластами древне-третичныхъ глинистыхъ сланцевъ. Значительный наклонъ слоевъ, слабость поддерживающей опоры и сильныя нарушенія въ ихъ напластованіи уже сами по себѣ представляли благопріятныя условія для образованія обваловъ, которые въ слабой степени происходили здѣсь съ давнихъ

временъ. Къ несчастью обитателей этой мѣстности, сланцы горы Чингель представляли прекрасный метеріалъ для приготовленія аспидныхъ досокъ. Началась разработка этихъ залежей, и скоро на горѣ была заложена обширная каменоломня, доставлявшая сланецъ на Нюренбергскія фабрики, гдѣ изъ него приготовлялись милліоны грифельныхъ досокъ. Разработка велась безъ надлежащихъ техническихъ предосторожностей и безъ всякаго опредѣленнаго плана; и безъ того опасные склоны горы были сильно подкопаны; кромѣ того широкое примѣненіе пороха и динамита для разъединенія породы способствовало еще большему разрыхленію горныхъ массъ. Въ 1879 г. каменоломня охватывала пространство уже въ 180 метровъ Послѣдствія не замедлили обнаружиться. Произошли слабые обвалы, и образовались зловѣщія трещины, распространившіяся мало-по-малу и на верхнія части горы. Охотники разсказывали, что сотрясенія, происходившія при взрывахъ, чувствовались даже у вершины. Здѣсь образовалась огромная главная трещина, имѣвшая такой видъ, будто со склона былъ вырѣзанъ огромный кусокъ породы. Въ концѣ августа 1881 года трещина достигала 2—3 метр. въ ширину, и почва опустилась на 4—5 метровъ. Въ лѣсахъ поверхность земли мѣстами вспучилась, обвалы усилились; въ началѣ сентября работы въ каменоломнѣ были уже прекращены: предвидѣлся огромный обвалъ, который долженъ былъ произойти во время таянія снѣга.

Такъ наступило 11 сентября. Около полудня оборвалось нѣсколько каменныхъ глыбъ, но главная катастрофа разыгралась вечеромъ. Вотъ что сообщаетъ о ней мѣстный учитель *Висъ:* „Послѣ обѣда около 4 часовъ дня я стоялъ у открытаго окна съ часами въ рукахъ и старался точно отмѣтить всѣ движенія горныхъ массъ. Непрерывно отдѣлялись то выше, то ниже незначительные камни, и верхніе ряды сосенъ стали опускаться въ трещины.

Первый большой обвалъ произошелъ въ 5 час. 15 минутъ вечера. Съ быстротою молніи устремились въ долину огромныя скалы; онѣ засыпали каменоломню, товарные сараи съ инструментами и съ запасами сланца, постоялый дворъ и деревушку Алльмейндли, жители которой уже два дня назадъ бѣжали. Ущелья, по которымъ текли ручьи Чингель и Раминъ, были также загромождены обломками. Жители Унтерталя, мѣстечка, расположеннаго въ сторонѣ отъ главной деревни и наиболѣе подвергавшагося опасности, бросились бѣжать вверхъ къ подножію горы Дюни, гдѣ лежали земли Альпегли и Ягливейда и гдѣ, какъ казалось, они могли найти защиту. Изъ деревни-же нѣсколько людей бѣжало къ Унтерталю, забывъ оказать помощь пострадавшимъ. Второй еще болѣе сильный обвалъ произошелъ черезъ 17 минутъ (5 час. 32 мин.) и, пронесясь съ невообразимою скоростью надъ низвергшимися ранѣе массами, ринулся на Унтерталь, засыпалъ много прекрасныхъ полей и домъ Якова Диша. Прошло еще 4 минуты и затѣмъ послѣдовалъ главный обвалъ. Съ высотъ донесся страшный трескъ и огромныя массы скалъ стали скользить внизъ. Земля дрожала; я поспѣшилъ выйти изъ дома на улицу. Не успѣлъ я сдѣлать и 20 шаговъ, какъ позади раздался грохотъ разрушающихся домовъ въ Мюсли. По моимъ разсчетамъ, согласующимся съ показаніями другихъ очевидцевъ, главная масса щебня и обломковъ достигла того мѣста, гдѣ она лежитъ и понынѣ, въ 2—3 минуты *). Густое облако сѣрой пыли окутало пострадавшую мѣстность“.

---

*) Въ минуты смертельной опасности продолжительность явленій сильно преувеличивается. Геймъ дѣлалъ слѣдующую повѣрку: онъ опредѣлялъ, сколько требуется времени, чтобы быстрымъ бѣгомъ пройти тѣ разстоянія, которыя были опредѣлены также очевидцами обвала. Зная, насколько въ этихъ случаяхъ былъ преувеличенъ разсчетъ времени, онъ предполагаетъ, что и все явленіе не могло длиться болѣе 10—25 секундъ.

Общее количество низвергнувшихся массъ достигаетъ 10 милліоновъ кубическихъ метровъ. Во время главнаго обвала онѣ неслись на подобіе водопада, падали къ каменоломнѣ и подъ напоромъ новыхъ массъ, двигавшихся сверху, съ быстротою молніи устремлялись въ долину, ударялись о склоны Дюни и, отскочивъ отсюда, засыпали поля, сокрушали и увлекали за собою дома. Путь, пройденный обломками въ долинѣ, достигаетъ 1.400 метр. Вслѣдствіе стремительнаго движенія горныхъ массъ возникъ страшный вихрь; онъ достигалъ такой ужасающей силы, что подымалъ людей и отбрасывалъ ихъ на значительное разстояніе: многіе изъ жителей спаслись, только благо-

Рис. 288. Обвалъ у Эльма 11 Сентября 1881 года (по Гейму).

даря такому воздушному путешествію. Убытки, причиненные этимъ обваломъ, пасторъ Бусъ въ Гларусѣ оцѣниваетъ слѣдующимъ образомъ: изъ 1.000 людей 115 засыпано обломками и убито, разрушено 83 зданія, уничтожена каменоломня, доставлявшая жителямъ главныя средства къ существованію, и навсегда опустошены плодороднѣйшія поля (см. рис. 288).

Заслуживаетъ вниманія обвалъ *Лангена* на восточной сторонѣ *Арльберга*, не столько количествомъ низвергнувшихся массъ сколько причиной, вызвавшей это явленіе. На сѣверной сторонѣ долины Клостеръ, лежащей на высотѣ 1.080 метр., возвышается крутой гребень Близадонны; отсюда то и сорвалась глыба, обладавшая мощностью приблизительно въ 20 метровъ и ринувшаяся въ долину съ высоты около 2.100 метровъ. Почтовая дорога и насыпь Арльбергскаго желѣзнодорожнаго пути были засыпаны на протяженіи 300 метровъ слоемъ въ 3,3 метра толщиною. Въ виду значительной высоты паденія обвалъ отличался страшной силой; каменныя глыбы пробили на

своемъ пути глубокія рытвины и снесли всѣ выступы. Гребень Близадонны образованъ слоями известняковъ и сѣрыхъ ваккъ, которыя падаютъ подъ угломъ въ 85° по направленію къ югу, т.-е. къ долинѣ; эти пласты, стоящіе почти вертикально, были разрушены размываніемъ. Уже въ 1891 году въ нихъ наблюдалась глубокая трещина, проходившая по одной изъ плоскостей напластованія; такъ какъ отдѣльные пласты не имѣли сбоку никакой подпоры, то они подъ вліяніемъ собственной тяжести стали наклоняться въ сторону долины, изогнулись и, наконецъ, отдѣлились отъ горы.

Въ нѣкоторыхъ болѣе рѣдкихъ случаяхъ толчкомъ, вызывающимъ обвалъ, служитъ землетрясеніе. Такіе обвалы происходили, напр., во время страшныхъ землетрясеній 1870 года въ Фокидѣ около Дельфъ, а также и у Добрача въ Венгріи. Однимъ изъ грозныхъ явленій этого рода былъ, по мнѣнію Абиха, обвалъ Арарата въ 1840 году, но, какъ мы видѣли выше (стр. 228—229), это явленіе можно разсматривать, какъ изверженіе камней и грязи, которое, быть можетъ, было произведено водяными парами, образовавшимися изъ подземныхъ озеръ. Самая большая изъ каменныхъ глыбъ, низвергнувшихся въ это время, достигала 90 метровъ въ обхватѣ *).

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ удалось опредѣлить общую массу низвергнувшихся скалъ. Такъ, по разсчетамъ Гейма, Эльмскій обвалъ достигаетъ въ общемъ 10 милліоновъ куб. метровъ, а обвалъ у Гольдау—15 милліоновъ. Масса низвергнувшагося матеріала при обвалѣ у Діаблере въ Валлисѣ опредѣлена приблизительно въ 50 милліоновъ кубическихъ метровъ, а объемъ обвала у Добрача въ Венгріи и того больше. Но едва ли не самымъ величественнымъ явленіемъ этого рода былъ, по свидѣтельству Гейма, доисторическій обвалъ, остатки котораго мы находимъ у Флимса въ Граубюнденѣ: „Камни, принесенные этимъ обваломъ, образуютъ сплошную гору около 600 метр. высотою; она занимаетъ пространство отъ Майензессена у Флимса до Ферзама и Бонадуца, по ту сторону р. Рейна, и отъ окрестностей Иланца до Рейхенау; на поверхности этихъ огромныхъ массъ располагается восемь небольшихъ озеръ. Рейнъ и его притоки промыли дикія ущелья въ холмахъ, загромоздившихъ ихъ равнину, а выше Иланца въ террассахъ, образованныхъ гравіемъ и щебнемъ, видны и сейчасъ слѣды озера, происшедшаго вслѣдствіе загроможденія рѣки обваломъ". Общее количество низвергнувшихся массъ достигаетъ, по Гейму, 15 куб. километровъ или 15 милліардовъ кубич. метровъ, т.-е превосходитъ Эльмскій обвалъ въ 1500 разъ и обвалъ у Гольдау (въ 1806 году) въ 1000 разъ. Сильнѣйшія вулканическія изверженія, какъ, напр., изверженіе Кракатау въ 1883 г., доставившее на поверхность около 18 куб. километровъ матеріала, а также изверженія Темборо въ 1815 г., Козегвины и изліяніе лавы вдоль трещины Скаптаръ въ Исландіи превосходятъ всѣ извѣстные намъ обвалы массою выброшенныхъ ими продуктовъ; но изъ числа другихъ изученныхъ изверженій мы найдемъ немного такихъ, которыя могутъ сравниться въ этомъ отношеніи съ обваломъ у Флимса.

Можно было бы привести огромное число обваловъ, которые случались въ разныхъ странахъ, убивали людей и губили ихъ имущество, но этотъ грустный перечень далъ бы далеко не полное представленіе о распространенности явленія. Можно сильно сомнѣваться, что даже при современномъ развитіи геологическихъ изслѣдованій и

---

*) Къ числу землетрясеній, сопровождавшихся обвалами, относится, какъ мы видѣли выше, и землетрясеніе въ Вѣрномъ (см. стр. 330 и 335).

Прим. перев.

при громадномъ наплывѣ путешественниковъ, которые со всѣхъ сторонъ ежегодно съѣзжаются въ Альпы, мы имѣемъ свѣдѣнія не о всякомъ обвалѣ; весьма вѣроятно, что грозныя катастрофы, происходящія въ отдаленныхъ долинахъ, ускользаютъ отъ вниманія ученаго міра. Что же касается тѣхъ извѣстій, которыя сообщаетъ намъ по этому предмету исторія, то они, безъ сомнѣнія, отмѣчаютъ только самые выдающіеся и сильные обвалы изъ числа происходившихъ къ культурныхъ странахъ.

При описаніи Эльмскаго обвала мы видѣли, какъ постепенно распространялась трещина, осѣдала почва, появлялись новыя трещины и происходили незначительные обвалы, и какъ на основаніи всѣхъ этихъ данныхъ возможно было предсказать главную катастрофу. Точно также и всѣ другіе обвалы имѣютъ своихъ предшественниковъ. Хотя всѣ предостереженія безполезны и едва ли удастся преодолѣть безпечность горныхъ жителей, но изученіе этихъ симптомовъ имѣетъ огромное значеніе. Геймъ занимался подробнымъ изслѣдованіемъ явленій, предшествующихъ обвалу, и пришелъ къ слѣдующимъ выводамъ:

„Наблюденіе показываетъ, что *каждый обвалъ имѣетъ рядъ предвозвѣстниковъ:* катастрофа подготовляется долго, иногда въ теченіе многихъ десятилѣтій. Внезапные обвалы не извѣстны. Далѣе необходимо отличать явленія, предшествующія незначительнымъ паденіямъ камней и большимъ обваламъ, а также движеніе щебня и движенія цѣлыхъ скалъ. Если ожидается отдѣленіе щебня, то въ большинствѣ случаевъ можно наблюдать многочисленныя длинныя трещины, располагающіяся рядами; если же готовится опасный обвалъ большихъ массъ, то въ верхнихъ частяхъ горы образуется *одна неразрывная главная трещина.* Такъ, напр., у верхняго края горы Чингель близъ Эльма такая трещина появилась уже лѣтомъ 1879 года и въ августѣ 1881 года достигала 400 метровъ въ длину; внѣшняя часть ея опустилась внизъ и впередъ на нѣсколько метровъ; все это предвѣщало грозный обвалъ. Подобныя же явленія предшествовали катастрофамъ у Гольдау и Плурса. Чѣмъ продолжительнѣе промежутокъ между появленіемъ первыхъ предвозвѣстниковъ и наступленіемъ обвала, тѣмъ сильнѣе послѣдній. Незадолго до катастрофы трещины начинаютъ сильно расширяться, и происходитъ паденіе отдѣльныхъ небольшихъ камней сначала сверху, а потомъ и съ боковъ. Съ каждымъ слѣдующимъ часомъ и днемъ эти каменные потоки усиливаются, большіе обломки отдѣляются все ниже и, наконецъ, огромныя глыбы обрываются въ нижнихъ частяхъ разрушающейся горы: это свидѣтельствуетъ о расшатанности подножія и указываетъ на близкое наступленіе обвала. Незадолго до большихъ катастрофъ слышится на разстояніи нѣсколькихъ километровъ трескъ и даже грохотъ внутри горы, хотя въ эти моменты и не происходитъ паденія камней, съ которымъ можно было бы связать звуки; причина послѣднихъ, кроется, очевидно, въ тѣхъ движеніяхъ, которыя происходятъ внутри горныхъ массъ, готовыхъ низвергнуться. Въ Плурсѣ, Гольдау, у Діаблере и въ Эльмѣ эти явленія наблюдались за 6—10 часовъ, а въ Фордерглернишѣ за 21 часъ до наступленія обвала. Въ тихія же ночи шумъ въ каменоломнѣ Эльма слышался за долго до катастрофы. Цѣлый рядъ другихъ предвозвѣстниковъ, какъ, напр., паденіе камней у подножія Гольдау при копаніи почвы или вообще при какомъ-либо другомъ механическомъ дѣйствіи, помутнѣніе и изсяканіе ключей и т. п. носитъ менѣе общій характеръ. Очень часто животныя относятся чувствительнѣе къ разнымъ предвозвѣстникамъ обвала, чѣмъ люди. У Монте-Конто близъ Плурса рои пчелъ покинули ихъ ульи уже за два дня до катастрофы; коровы, пасшіяся на лугахъ, были неспокойны, и часть ихъ разбѣжалась. Въ Эльмѣ,

не взирая на всѣ признаки наступающаго бѣдствія, люди остались на своихъ мѣстахъ, но птицы, кошки и одна корова своевременно бѣжали.

„Съ полною увѣренностью можно сказать, что при обвалахъ въ Плурсѣ, Діаблере, Гольдау, Эльмѣ и другихъ мѣстахъ не погибло бы ни одного человѣка, если бы вó-время было обращено должное вниманіе на предвозвѣстниковъ катастрофы. Слѣдуетъ удивляться, какъ люди могли оставаться спокойными, несмотря на возрастающій грохотъ, трескъ и паденіе камней. Обвалъ у Фордерглерниша, изъ числа всѣхъ мнѣ извѣстныхъ является единственнымъ, когда жители бѣжали вó-время. Нельзя сказать, что при другихъ катастрофахъ люди не замѣчали грозныхъ предвозвѣстниковъ: въ большинствѣ случаевъ они были даже убѣждены, что гора уже движется, и все таки не считали своего положенія опаснымъ и не принимали никакихъ мѣръ для спасенія жизни.

„Для жителей равнинъ, болѣе чувствительныхъ къ грознымъ явленіямъ природы, эта безпечность непонятна. Но человѣкъ легко привыкаетъ къ опасности, и впечатлительность его скоро понижается. Извѣстная доля отваги необходима для горца, но крайности и въ этомъ случаѣ пагубны. Если жители и покидаютъ иногда опасное мѣсто, то скоро, не взирая ни на что, возвращаются въ родное гнѣздо. Жители Эльма прекрасно знали, какъ опасна занимаемая ими мѣстность, но между знаніемъ и влеченіемъ къ родинѣ — большая разница: первое — дѣло ума, второе — предметъ чувства. Гораздо пріятнѣе быть поминутно насторожѣ и ждать опасности, живя на собственномъ клочкѣ земли и въ своемъ домѣ, чѣмъ искать болѣе спокойнаго существованія на чужбинѣ“.

Рыхлыя *накопленія щебня* приходятъ въ движеніе легче, чѣмъ цѣлыя скалы; однако, въ этомъ случаѣ не происходитъ такихъ внезапныхъ катастрофъ, каковы, напр., описанныя выше; рыхлыя массы движутся медленнѣе и постепеннѣе, и хотя рушатъ своимъ напоромъ зданія, опустошаютъ поля и сокрушаютъ лѣса, но не представляютъ уже большой опасности для людей. Такія сравнительно медленныя движенія горныхъ массъ носятъ названіе „*оползней*“ *). Особенно гибельно отражается это движеніе осыпей на горныхъ желѣзныхъ дорогахъ; извѣстно, съ какими трудноодолимыми препятствіями приходится здѣсь бороться: вслѣдствіе проложенія выемокъ или туннелей равновѣсіе рыхлыхъ массъ нарушается; онѣ начинаютъ скользить, сдвигая насыпи и разрушая туннели; много нужно времени и средствъ, чтобы возстановить попорченную линію. Передъ образованіемъ такихъ оползней въ верхнихъ частяхъ осыпи появляются обыкновенно трещины по выпуклымъ вверхъ линіямъ, у подножія-же почва вздувается, образуя выступы и борозды. Смотря по силѣ оползня, наблюдаются далѣе разныя явленія: иногда скользящія массы группируются въ безпорядкѣ и начинаютъ скатываться внизъ; иногда отдѣльныя скалы и глыбы, въ большинствѣ случаевъ клинообразной формы, сползаютъ къ трещинамъ и образуютъ здѣсь ступенчатые уступы.

---

*) *Геймъ* группируетъ обвалы и оползни въ слѣдующія шесть категорій: 1) *Оползни осыпей* (Schuttrutschungen). 2) *Оползни скалъ* (Felsschlipре, напр., у Гольдау). 3) *Обвалы осыпей* (Schuttstürze, напр., у Зонненберга). 4) *Обвалы скалъ* (Felsstürze, напр., у Плурса и Эльма). 5) *Смѣшанные обвалы* (gemischte Bergstürze — одновременное паденіе осыпей и скалъ). 6) *Особенные обвалы* (besondere Einstürze), происходящіе отъ подмыва береговъ рѣкою или моремъ. При каждомъ обвалѣ различаютъ: а) *область отдѣленія* отъ мѣста первоначальнаго залеганія (Abrissgebiet), в) *путь обвала* (Sturzbahn) и с) *площадь отложенія* обломковъ (Ablagerungsgebiet). *Прим. перев.*

Если оставить въ сторонѣ вліяніе текущихъ водъ на склоны, то главную причину оползней слѣдуетъ искать въ дѣятельности ключей, которые разрыхляютъ породу и лишаютъ ее прочной опоры. При изслѣдованіи такихъ оползней, вообще причиняющихъ немало вреда, необходимо опредѣлить мѣсто залеганія водныхъ жилъ, прорѣзывающихъ рыхлыя массы, и указать средства для отвода ихъ въ сторону.

Иногда оползни происходятъ вслѣдствіе искусственнаго отягощенія малопрочныхъ породъ. Изъ цѣлаго ряда подобныхъ примѣровъ мы вкратцѣ разсмотримъ здѣсь только одинъ. На берегу Цугскаго озера подъ слоемъ песку и гравія, мощностью въ 2—4 метра, залегаетъ пластъ бѣлаго рыхлаго песку, достигающій 20—30 метровъ въ толщину. Вслѣдствіе тяжести построенныхъ здѣсь домовъ этотъ слой былъ какъ-бы вдавленъ въ озеро, и образованные имъ осадки можно было найти на значительномъ удаленіи отъ берега. Разрыхленная почва уже давно грозила обваломъ, который и произошелъ, наконецъ, 5 іюля 1887 года, повидимому безъ всякой ближайшей причины. Въ двухъ мѣстахъ въ озеро сползло 150,000 куб. метровъ почвы со многими домами; погибло 11 человѣкъ. Такія-же движенія рыхлыхъ наносовъ могутъ происходить и вслѣдствіе землетрясеній, но объ этомъ мы уже говорили выше (см. стр. 330).

Оползни въ Россіи представляютъ одно изъ распространенныхъ геологическихъ явленій и происходятъ по берегамъ многихъ рѣкъ, напр., по нагорному берегу Днѣпра, Волги, Дона, Міаса и др. Примѣромъ такихъ оползней можетъ служить катастрофа въ селѣ Федоровкѣ, Хвалынскаго уѣзда, Саратовской губерніи, происшедшая въ 1839 году и сопровождавшаяся землетрясеніемъ. Въ ночь съ 16 на 17 іюня раздался страшный гулъ и послышался трескъ домовъ, разбудившій спавшихъ крестьянъ. Не понимая причины явленія, они выбѣжали на улицу и съ ужасомъ увидѣли что вся долина, въ которой лежала большая часть ихъ села, была отторгнута отъ подошвы горы, осѣла на значительную глубину и двинулась къ Волгѣ. Смятеніе жителей было неописуемо, когда движущаяся масса стала волноваться, въ однихъ мѣстахъ поднимая строенія, въ другихъ — опуская ихъ. Въ короткое время на всей осѣвшей площади образовались значительныя выпуклости и углубленія, и появились правильныя трещины, которыя представляли рядъ террассъ, будто созданныхъ человѣческимъ искусствомъ. Тамъ, гдѣ были болота и небольшія озера, выросли холмы, а на возвышенныхъ мѣстахъ образовались провалы, которые, какъ и многія трещины, были наполнены водой. Замѣтныя колебанія и движенія земли продолжались трое сутокъ, потомъ мало-по-малу все успокоилось, хотя почва продолжала мѣстами осѣдать до 6 іюля. Въ продолженіе всего этого времени повреждено до 70 домовъ; нѣкоторые были совершенно разрушены, многіе разорваны на нѣсколько частей; хозяйственныя постройки были тоже поломаны или повреждены; разрушенія всего болѣе свирѣпствовали на гумнахъ и въ садахъ, прилегавшихъ къ горѣ и занимавшихъ наиболѣе высокое положеніе; здѣсь было все ниспровергнуто и уничтожено. Къ счастію, никто изъ крестьянъ не сдѣлался жертвою катастрофы. Долина осѣла въ длину на $1^1/_2$ версты, а въ ширину на 250 саж.; что-же касается величины самого сползанія, то по нѣкоторымъ даннымъ можно предположить, что оно достигаетъ нѣсколькихъ десятковъ саженъ. Село Федоровка находится близъ большой дороги изъ Симбирска въ Саратовъ, на 15 верстѣ отъ Хвалынска. Здѣсь подымаются невысокія горы, вершины которыхъ состоятъ изъ известняка, а подошвы образованы желѣзо-содержащими глинами и песчаниками Долина, гдѣ лежитъ Федоровка, примыкаетъ къ горамъ съ восточной стороны, а съ другой омывается водами р. Волги. Изъ множества предположеній о причинахъ настоящей катастрофы нельзя не обратить вниманія на слѣдующее: противъ того мѣста, гдѣ долина осѣла, Волга особенно сжата и, не находя, какъ кажется, своимъ обильнымъ водамъ свободнаго стока, постепенно углубляла русло и подмывала барегъ, гдѣ расположено с. Федоровка; а такъ какъ этотъ берегъ образованъ глинами и песками, т.-е. проницаемыми и непроницаемыми пластами, то здѣсь и возникъ настоящій оползень.

Въ 1884 г. 20 сентября у города Саратова на склонѣ Соколовой горы, гдѣ помѣщается предмѣстье Затонъ, оползень произвелъ большія разрушенія и совершенно измѣнилъ внѣшній видъ берега. Оползень происходилъ настолько медленно, что жители успѣли спастись; подобно всѣмъ другимъ явленіямъ этого рода онъ имѣлъ предвозвѣстниковъ. Задолго до его наступленія на склонахъ Соколовой горы явились трещины. Оползень начался въ 12 час. дня 20-го сент. и продолжался до утра 21-го. Масса сползшей земли достигала $^1/_2$ версты въ длину и 20 саженей въ высоту. Подобныя явленія въ Саратовѣ проис-

ходили неоднократно. Причина ихъ чрезвычайно проста: такъ, напр., Соколова гора состоитъ изъ нижнемѣловыхъ глинъ, прикрытыхъ верхнемѣловыми рыхлыми и, слѣдовательно, водопроницаемыми песчаниками. Достигнувъ горизонта глиняныхъ пластовъ, вода скатывается по нимъ и на склонѣ горы образуетъ множество источниковъ; послѣдніе, подмывая песчаники, и вызываютъ сдвиги и оползни. Вообще у береговъ Волги оползни представляютъ весьма обычное явленіе, и извѣстія о нихъ имѣются съ давнихъ временъ. Древнѣйшее изъ такихъ сообщеній мы находимъ въ Новгородской лѣтописи надъ 1596 годомъ: „Бысть знаменіе прежде преставленія царя Ѳеодора Іоанновича въ Нижнемъ-Новѣгородѣ, при архимандритѣ Трифонѣ, потрясеся земля подъ монастыремъ, монаси же бѣжаша и сташа па горахъ; монастырь же и церкви совсѣмъ погибоша, токмо остася столпъ единъ церковный. Архимандритъ же и братія переселишася на ино мѣсто. Въ томъ-же Нижнемъ Новѣгородѣ вверхъ по рѣцѣ Окѣ, слобода въ 150 дворовъ погибѣ совсѣмъ сквозѣ землю, и ні единъ человѣкъ не остася. Сіе все было знакомъ имущихъ быти смятеній по смерти благочестиваго царя Ѳеодора Іоанновича". Такія же явленія, относящіяся уже къ недавнему времени, извѣстны и въ другихъ мѣстахъ Волги, напр., близъ г. Вольска и у Симбирска (1865 г.). Наконецъ, по свидѣтельству *Ѳеофилактова*, многочисленные оползни происходятъ по берегамъ Днѣпра, гдѣ подъ водоносными пластами глины залегаютъ валунныя отложенія (30 ф.) и лёссъ (70 фут.). Подмываніемъ верхнихъ рыхлыхъ образованій и объясняется происхожденіе многочисленныхъ оползней въ этихъ мѣстахъ. Къ разсматриваемой группѣ явленій относится также оползень, разрушившій въ 1883 г аулъ Сикухъ въ Кайтаго-Табассаранскомъ округѣ Дагестанской области. Число подобныхъ примѣровъ можно было бы значительно увеличить, но сказаннаго уже достаточно, чтобы дать общую характеристику явленія, которое всюду протекаетъ одинаковымъ образомъ и вызывается одними и тѣми-же причинами, — подмываніемъ рыхлыхъ водопроницаемыхъ пластовъ, располагающихся поверхъ водоупорныхъ породъ

Тотъ-же характеръ носятъ и многочисленные оползни, происходящіе на берегу Чернаго моря близъ Одессы и давно уже обратившіе на себя вниманіе. Здѣсь надъ водоносными глинистыми пластами залегаютъ пески и известняки, сползающіе вслѣдствіе подмыванія ихъ подземною водою. Оползнями и обусловливается наблюдаемая здѣсь въ нѣкоторыхъ случаяхъ крутая постановка пластовъ известняка.

Въ Крыму извѣстны и настоящіе обвалы. Здѣсь между деревнями Ласпи и Форосъ обрушившіяся и скатившіяся до самаго моря скалы дѣлаютъ мѣстность трудно проходимою. Обвалъ, происходившій около деревни Кучукъ-кой, по свидѣтельству *Палласа*, увлекъ за собою въ море многіе дома и сады. *Перев.*

Своеобразные оползни, наблюдающіеся въ характерной формѣ въ новѣйшихъ отложеніяхъ Вѣнской котловины, были описаны Фуксомъ. Слои глины, песку и валунныхъ образованій, залегавшіе прежде горизонтально, обнаруживаютъ разнообразныя, но незначительныя нарушенія; они выражаются образованіемъ складокъ, колѣнчатыхъ изгибовъ, разрывовъ и многочисленныхъ внѣдреній одной породы въ другую. При

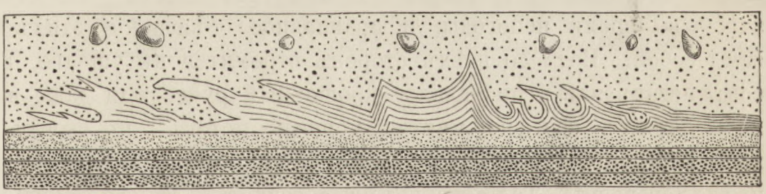


Рис. 289. Нарушенія въ ледниковыхъ отложеніяхъ близъ Копневица. (По Креднеру.)

этомъ здѣсь не видно даже и слѣдовъ настоящихъ тектоническихъ измѣненій, а потому и всѣ перечисленныя нарушенія не могутъ быть приписаны дѣйствію горообразующихъ силъ. Описанное явленіе особенно часто наблюдается въ глинахъ, стоящихъ въ связи съ глинисто-валунными отложеніями ледниковой эпохи. Эти своеобразныя нарушенія были первоначально отмѣчены англійскими геологами, затѣмъ было доказано существованіе ихъ и въ сѣверной Германіи. Во многихъ мѣстахъ въ породахъ, залегающихъ подъ толщею ледниковыхъ валунныхъ отложеній, именно въ дилювіальныхъ глинахъ (Bänderthone) наблюдаются упомянутыя выше своеобразныя нарушенія и складки (см. рис. 289). Присутствіе этихъ нарушеній въ ледниковыхъ отложеніяхъ заставляло приписывать ихъ происхожденіе давленію массъ движущагося льда. Объясненіе это очень вѣроятно въ тѣхъ слу-

чаяхъ, когда связь указанныхъ нарушеній съ ледниковыми образованіями несомнѣнна, но его невозможно распространять на всѣ явленія этого рода. Такъ, напр., Пенкъ отмѣтилъ въ баварскихъ породахъ цѣлый рядъ нарушеній, не обнаруживающихъ никакой связи съ ледниковыми образованіями. Точно также характерныя явленія въ Вѣнской котловинѣ не могутъ быть приписаны вліянію движущагося льда.

Нѣтъ сомнѣнія, что такія нарушенія могутъ произойти вслѣдствіе разнообразныхъ внѣшнихъ причинъ. Для ихъ образованія необходимо долговременное и равномѣрное боковое давленіе. Оно можетъ возникать подъ вліяніемъ собственной тяжести пластовъ, которые, залегая на склонахъ и подвергаясь боковому разрыхленію, приходятъ въ медленное движеніе и начинаютъ сползать внизъ.

Внезапные потоки.

Въ однихъ изъ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ явленій дѣйствіе воды играетъ подчиненную роль, въ другихъ случаяхъ катастрофа производится при главномъ и несомнѣнномъ ея участіи. Обратимся теперь къ другой группѣ явленій, именно, къ дѣйствію внезапно образующихся потоковъ воды и щебня (Wildbäche). Кому приходилось бывать въ Альпахъ, тотъ встрѣчалъ скопленія огромныхъ массъ галекъ и валуновъ, которыя, если судить по ихъ внѣшнему виду и характеру залеганія, нанесены водой; между тѣмъ нигдѣ вблизи не имѣется воднаго потока, которому можно было бы приписать образованіе этихъ скопленій. Изъ боковыхъ ущелій, сходящихся въ главной долинѣ, выступаютъ огромные коническіе наносы, и путешественникъ, незнакомый съ стремительнымъ дѣйствіемъ внезапныхъ горныхъ ручьевъ, приписываетъ происхожденіе этихъ грудъ постепенному скатыванію щебня и обломковъ и удивляется ихъ громадности. Но стоитъ только побывать здѣсь во время непогоды, и правильное объясненіе этихъ накопленій является само собой. Вода со всѣхъ сторонъ стремится въ ущелье, и если нѣсколько часовъ назадъ здѣсь пробивался крошечный ручей или даже вовсе не было слѣдовъ воды, теперь свирѣпо мчится мощный потокъ; въ своихъ мутныхъ водахъ онъ несетъ огромныя количества ила, галекъ, валуновъ, обломковъ скалъ и поломанныхъ деревьевъ. Такіе-же потоки образуются отъ внезапнаго таянія снѣга, напр., при появленіи фена или при паденіи лавинъ, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ несутъ такія огромныя количества твердыхъ частей, что воды ихъ превращаются въ густую быстро движущуюся тѣстообразную грязь, которая при замедленіи теченія отлагается мощнымъ пластомъ. Всякому, кто путешествовалъ въ Альпахъ, приходилось неоднократно встрѣчать на своемъ пути такіе потоки, и напрасно искалъ онъ средствъ и способовъ перебраться черезъ нихъ. Въ сравнительно слабой степени эти дикіе ручьи образуются почти при всякой непогодѣ, во время сильныхъ дождей. Иногда они достигаютъ такой силы и размѣровъ, что на огромныхъ пространствахъ засыпаютъ щебнемъ плодородныя поля и деревни, загромождаютъ русла рѣкъ и останавливаютъ ихъ теченіе. Швейцарскій изслѣдователь *Руффъ* называетъ эти внезапные потоки камней и грязи *мурами* (Muren и Murbrüche); по аналогіи съ подобными-же явленіями, наблюдавшимися во время знаменитаго Вѣрненскаго землетрясенія, можно было-бы называть ихъ также „*оплывинами*“

Условія образованія „муръ“ или „оплывинъ“ чрезвычайно просты; сильный наклонъ почвы, благопріятствующій быстрому стоку воды, и присутствіе большого количества рыхлыхъ накопленій, которыя обыкновенными ручьями не могутъ быть унесены, — вотъ все, что необходимо для образованія этихъ грозныхъ илисто-каменныхъ потоковъ. Гдѣ отсутствуютъ скопленія рыхлыхъ массъ, могутъ также появляться послѣ дождей внезапные ручьи, но они не произведутъ еще оплывинъ; съ другой стороны, если воды не имѣютъ быстраго стока, муры не образуются даже при наличности обоихъ отмѣченныхъ выше условій, напр., если склоны одѣты богатою лѣсною растительностью.

Въ Альпахъ имѣются чрезвычайно благопріятныя условія для образованія мощныхъ муръ: въ большей части долинъ склоны горъ покрыты ледниковыми валунными отложеніями; отчасти — это морены, отчасти глинистые, песчаные и валунные наносы ледниковой эпохи; малая связь этихъ рыхлыхъ отложеній допускаетъ легкій ихъ переносъ внезапными потоками воды, низвергающейся съ высотъ.

Въ каждой мурѣ слѣдуетъ различать три части. Въ верхнихъ частяхъ долины мы находимъ „область питанія“ муры, такъ называемую *воронку* (Trichter); это — котлообразное углубленіе, прорѣзанное множествомъ второстепенныхъ бороздъ, которыя сходятся къ нижнему краю его и, слившись, образуютъ общій потокъ, такъ называемую *шею* или „выводной каналъ“ муры (Hals oder Tobel). Воронка располагается всегда ниже снѣговой линіи и выше границы распространенія лѣсовъ. Если послѣдніе богато одѣваютъ склоны, то внезапные ручьи не могутъ образовать мощныхъ потоковъ; наоборотъ, если лѣсная растительность отсутствуетъ, воды разливаются на огромномъ разстояніи и производятъ страшные потопы. Вторая часть муры — шея, или выводной каналъ, представляетъ узкое и часто очень глубокое ущелье. Тамъ, гдѣ послѣднее расширяется, происходитъ отложеніе рыхлыхъ массъ; онѣ образуютъ третью часть муры, — *коническій наносъ*, иначе щебневый или илистый *конусъ* (Schutt oder Schwemmkegel).

„Послѣ обильнаго выпаденія атмосферныхъ осадковъ или при внезапномъ скопленіи водъ, образующихся вслѣдствіе таянія снѣга, рыхлый матеріалъ въ области питанія муры быстро пропитывается водою; онъ становится тяжелѣе, чѣмъ былъ раньше, и начинаетъ соскальзывать внизъ. Густая кашеобразная масса, состоящая приблизительно изъ двухъ третей грязи, щебня и каменныхъ глыбъ и одной части воды, выливается изъ воронки въ узкій отводной каналъ, или шею, и направляется внизъ. Въ рѣдкихъ случаяхъ вся грязь выходитъ заразъ: обыкновенно она выдѣляется въ нѣсколько пріемовъ, такъ какъ въ узкомъ отводномъ каналѣ лавоподобная масса встрѣчаетъ препятствіе свободному ея движенію и иногда временно останавливается. Вырвавшись изъ воронки и направляясь по отводному каналу, потокъ пробиваетъ глубокія ямы въ своемъ ложѣ; но послѣднія представляютъ менѣе опасности, чѣмъ одностороннее подмываніе стѣнъ шеи, слѣдствіемъ котораго являются огромные оползни и обвалы. Отводной каналъ муры лежитъ уже въ области лѣсовъ и ограничивается часто высокими стѣнами прорѣзанныхъ имъ ледниковыхъ отложеній; низвергающіяся тутъ и тамъ или принесенные сверху деревья, корни и мощныя глыбы скалъ загромождаютъ шею и останавливаютъ потокъ. Эта естественная плотина держится до тѣхъ поръ, пока новыя массы грязи и воды, непрерывно выливающіяся изъ воронки, не прорвутъ ея. Съ удвоеннымъ бѣшенствомъ, грохотомъ и трескомъ устремляются тогда огромныя волны грязи по узкому ущелью отвод-

ного канала и врываются въ долины. Земля трясется, окна дрожатъ, какъ при землетрясеніи, ударяющіяся другъ о друга каменныя глыбы разбрасываютъ искры, и кругомъ распространяется запахъ гари. Наконецъ, масса разливается въ видѣ вѣера и начинаетъ отлагаться. Въ огромныхъ коническихъ наносахъ погребается все, что встрѣчаетъ потокъ на пути; только развѣ трубы домовъ выдвигаются изъ-подъ толщи обломковъ. Мрачные слѣды разрушенія отмѣчаютъ путь муры" (Кохъ).

Такой характеръ носятъ особенно сильныя и гибельныя муры. Разрушительныя послѣдствія становятся еще ужаснѣе, если потокъ изливается въ большую долину и запруживаетъ русло рѣки. Принесенныя имъ массы щебня и грязи бываютъ такъ огромны, что рѣка не можетъ прорвать образованную ими плотину: воды скопляются въ огромное озеро, разливаются на поля, уносятъ жилища, губятъ людей. Иногда въ такихъ случаяхъ образуется постоянное озеро, какъ это и наблюдалось въ Альпахъ, но гораздо чаще рѣка прорываетъ заграждающія ей путь массы, и озеро исчезаетъ. Счастье, если это происходитъ медленно и постепенно, но нерѣдко воды прорываютъ плотину вдругъ, и скопившіяся воды устремляются въ долину, все сокрушая на своемъ пути. Этими явленіями соопровождаются въ большинствѣ случаевъ сильныя и опустошительныя муры, которыя, впрочемъ, случаются неособенно часто. Въ ночь съ 17 на 18 августа 1891 года по долинѣ Гандербаха въ южномъ Тиролѣ пронеслась грозная мура; она устремилась въ долину Эйзака, разрушила 16 домовъ въ деревнѣ Кольманъ и погубила 43 человѣка. Рѣка Эйзакъ была запружена огромнымъ количествомъ низвергнувшихся въ нее камней; насыпь же желѣзной дороги повреждена на протяженіи 700 м. и завалена глыбами около 20 куб. м. величиною. Все это было дѣломъ нѣсколькихъ минутъ. Причиною этой грозной катастрофы были дожди, вызвавшіе значительный оползень, который загромоздилъ долину въ ея верхнихъ частяхъ и образовалъ озеро. Около полуночи ливень опять повторился; массы камней, загромождавшихъ рѣку, не могли теперь выдержать усилившагося давленія и съ дикою яростью устремились въ злополучную долину.

Образованіе такихъ плотинныхъ озеръ было причиною страшныхъ потоповъ, которые опустошали Мартелльскую долину въ южномъ Тиролѣ въ 1887, 1888, 1889 и 1891 гг. всегда въ іюнѣ мѣсяцѣ. Въ верхней части долины спускаются два ледника. Нижній изъ этихъ ледниковъ пересѣкъ долину во всю ширину и отгородилъ верхнюю ея часть вмѣстѣ съ верхнимъ ледникомъ. Между обоими ледниками образовалось ледяное озеро, которое было, наконецъ, прорвано массами воды, выпавшей въ видѣ дождя и образовавшейся отъ таянія льдовъ. Унесенныя ею морены загромоздили всю Мартелльскую долину и достигли долины Эча.

Въ ночь на 12 іюля 1892 года разразилась страшная катастрофа у купальнаго заведенія въ Сенъ-Жерве и въ мѣстечкѣ Біоннэ у подножія Монблана. Огромныя массы льда, грязи и камней не только произвели большія опустошенія, но и засыпали нѣсколькихъ людей. Причина этого явленія кроется также въ движеніи ледниковъ. У конца небольшого глетчера Tête rousse образовались два плотинныхъ озера; заключающаяся въ нихъ вода, не имѣя дальнѣйшаго выхода, прорвала, наконецъ, ледъ и моренныя отложенія. Огромныя массы валуновъ, каменныхъ глыбъ и грязи съ ужасающей скоростью ринулись въ долину, загромоздили ущелье Біоннэ, достигающее 35 м. въ высоту, погребли въ своихъ массахъ злополучное мѣстечко С.-Жерве и у Лефайе влились въ Арву. О силѣ этого потопа можно судить по величинѣ принесенныхъ имъ глыбъ, которыя достигали 200 куб. м.; такова именно глыба,

представленная на рис. 290 и обрушившаяся въ серединѣ купальнаго заведенія, гдѣ прежде помѣщалась обѣденная зала. Общая масса принесеннаго потокомъ матеріала достигаетъ 800.000 куб. м.

Если отдѣльныя муры влекутъ за собою такія страшныя послѣдствія, то еще грознѣе бываютъ опустошенія, когда вслѣдствіе обильнаго выпаденія атмосферныхъ осадковъ въ какой-либо большой области одновременно образуется нѣсколько внезапныхъ потоковъ. Изъ всѣхъ ущелій и долинъ несутся огромныя массы грязи и воды, рѣки разливаются, подмываютъ свои берега и загромождаютъ обширные участки плодородной земли щебнемъ и обломками. Такова, напр., была страшная катастрофа, случившаяся осенью 1882 года и охватившая южный Тироль, Каринтію и область

Рис. 290. Купальное заведеніе въ Сенъ Жерве въ Савойѣ послѣ катастрофы 12 іюля 1892 года.

венеціанскихъ Альпъ. Въ бассейнѣ Дравы, Гайля, Рица, Эйзака, Эча, Сарки, Бренты и Бойты, произошли сильныя опустошенія; въ Каринтіи и Тиролѣ въ волнахъ грязи погибло 53 человѣка, а общіе убытки, причиненные мурами, достигаютъ 25 милліоновъ гульденовъ. Въ Италіи опустошенія были также значительны.

Сказаннымъ мы и ограничимъ наше знакомство съ гибельными послѣдствіями разсматриваемыхъ явленій. Нельзя не ужасаться тому огромному количеству человѣческихъ жертвъ, которыя уносятся грозными потоками, нельзя безъ сожалѣнія говорить о страшныхъ разрушеніяхъ домовъ и селеній, но, съ другой стороны, нельзя не отмѣтить, что самымъ ужаснымъ и гибельнымъ послѣдствіемъ является загроможденіе щебнемъ и обломками плодородныхъ полей, которыя незадолго еще передъ тѣмъ давали пропитаніе многочисленному населенію, а теперь превратились въ безплодныя пустыни. Дѣятелями этого уничтоженія плодоносной почвы являются не только грозныя муры, но процессъ накопленія щебня въ долинахъ происходитъ и самъ собою: обломки низвергаются съ высочайшихъ областей горъ и распространяются въ куль-

турныхъ долинахъ. Безплодныя каменныя осыпи все больше разрастаются, а пространства, дающія средства къ существованію жителей, съуживаются. Альпійскія области, населеніе которыхъ сравнительно съ производительностью почвы и безъ того велико, съ каждымъ годомъ теряютъ значительные участки годной для обработки земли. Кто не знакомъ близко съ этими мѣстностями, не можетъ себѣ и представить, какихъ огромныхъ размѣровъ достигаютъ эти опустошенія. Впрочемъ, не во всѣхъ частяхъ Альпъ они проявляются съ одинаковою силою. Всего больше страдаетъ Франція, особенно департаменты Высокихъ, Низкихъ и Приморскихъ Альпъ; въ верхнемъ Провансѣ съ XV по XVIII столѣтіе потеряна половина годныхъ для обработки земель. На основаніи одного почти невѣроятнаго сообщенія въ теченіе короткаго времени съ 1842—1852 г. безвозвратно погибло около четверти плодородной земли.

Въ опроверженіе этихъ фактовъ говорили, что всѣ долины были бы уже загромождены щебнемъ, если бы внезапные потоки дѣйствовали и въ самомъ дѣлѣ въ такихъ широкихъ размѣрахъ. Но въ прежнее время опустошенія были не такъ значительны и не носили такого угрожающаго характера, какъ теперь; они усилились вслѣдствіе неосторожнаго вырубанія лѣсовъ. Если говорятъ, что исчезновеніе лѣсовъ является причиною появленія внезапныхъ потоковъ и муръ, то этихъ словъ нельзя понимать въ буквальномъ смыслѣ. На высокихъ горахъ между верхней границей распространенія лѣсной растительности и линіей вѣчныхъ снѣговъ всегда могутъ быть налицо области питанія муръ, и послѣ сильныхъ дождей, которые въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Альпъ даютъ въ сутки болѣе 250 мм. осадковъ, могутъ образоваться грязные потоки. Страшные ливни, въ родѣ тѣхъ, которые происходили въ южныхъ Альпахъ въ 1882 г., во всякомъ случаѣ влекутъ за собою гибельныя послѣдствія, и и образованные ими ручьи покрываютъ поля и луга рыхлыми продуктами разрушенія. Рѣчь можетъ идти только о силѣ, распространенности явленій, и въ этомъ отношеніи лѣса имѣютъ неоспоримо-важное значеніе. Лѣсъ, такъ сказать, скрѣпляетъ почву и препятствуетъ размыванію рыхлыхъ массъ; онъ уменьшаетъ вывѣтриваніе подстилающихъ его породъ и препятствуетъ быстрому стоку воды, которая въ огромномъ количествѣ поглощается лѣсною почвою. Въ виду всего этого въ области распространенія лѣсовъ не существуетъ благопріятныхъ условій для образованія муръ; наоборотъ, если лѣсъ вырубается, сейчасъ же образуются обширныя области питанія грязно-каменныхъ потоковъ: исчезаетъ все то, что препятствовало бурному распространенію водъ; альпійскія же травы представляютъ слишкомъ слабую защиту. Но не только вырубаніе лѣсовъ влечетъ за собою такія неутѣшительныя послѣдствія: выше области распространенія сосенъ склоны горъ зарастаютъ низкорослымъ кустарникомъ горныхъ сосенъ и густымъ покровомъ изъ альпійскихъ розъ и брусники, которыя представляютъ прекрасную защиту противъ дикихъ потоковъ. Количество воды, поглощаемой моховымъ покровомъ, обильно разрастающимся среди альпійскихъ розъ, чрезвычайно поразительно. Однако, и этимъ видамъ растительности человѣкъ объявилъ войну: они должны пасть, чтобы открыть дорогу развитію альпійскихъ пастбищъ; но исчезновеніемъ этихъ мховъ создаются условія для болѣе широкаго распространенія муръ.

Едва ли не самою главною причиною широкаго и грознаго развитія внезапныхъ потоковъ является легкомысленное уничтоженіе естественныхъ преградъ и хищническое вырубаніе лѣсовъ. „Гдѣ падаютъ лѣса“,—говоритъ замѣчательный знатокъ занимающаго насъ вопроса, „тамъ появляются и муры; и дѣйствительно, во всѣхъ

областяхъ Альпъ мы найдемъ многочисленные примѣры, подтверждающіе эту мысль. Баварія, гдѣ лѣсное хозяйство стоитъ на правильной почвѣ и гдѣ противъ уничтоженія лѣсовъ приняты самыя заботливыя мѣры, почти не знаетъ тѣхъ опустошеній, которыя влекутъ за собою внезапные потоки. Наоборотъ, во французскихъ Альпахъ, гдѣ обезлѣсеніе идетъ впередъ гигантскими шагами, муры причиняютъ такой страшный вредъ, что уже въ 1853 префектъ Бувиль писалъ въ оффиціальномъ донесеніи слѣдующее: „Если не будутъ приняты энергичныя мѣры, то въ самомъ непродолжительномъ времени въ области французскихъ Альпъ будетъ разстилаться голая пустыня, и наша страна потеряетъ цѣлый департаментъ".

Вредныя послѣдствія уничтоженія лѣсовъ сознавались уже 500 лѣтъ назадъ: такъ, напр., бенедиктинскіе монахи наказывали отлученіемъ отъ церкви хищническое вырубаніе лѣса. Но отъ сознанія причинъ до принятія надлежащихъ мѣръ еще слишкомъ далеко, и правильная борьба съ грозными явленіями природы особенно затрудняется въ тѣхъ случаяхъ, когда необходимо пожертвовать выгодами настоящаго ради будущаго, частнымъ — ради общаго, и когда приходится бороться съ глубоко укоренившимися обычаями и привычками. Запираніе долинъ, по которымъ пролагаютъ свой путь муры, и новое разведеніе лѣсовъ взамѣнъ уничтоженныхъ, представлютъ мѣры, которыя хотя и не искореняютъ вполнѣ зла, но могутъ въ значительной степени его ослабить. Чтобы получилась польза, нужно, однако, и то, и другое вести по строгому плану и въ самыхъ широкихъ размѣрахъ. Устройство запоровъ или особаго рода плотинъ въ долинахъ является мѣрою обоюдоострой и, при неправильномъ веденіи дѣла, вмѣсто ожидаемаго блага только усиливаетъ вредъ. *Геймъ* совершенно правильно говоритъ; „плохія плотины гораздо опаснѣе, чѣмъ полное отсутствіе ихъ". Если долина запирается не въ надлежащемъ мѣстѣ и недостаточно прочно, то плотины нѣкоторое время сдерживаютъ слабые потоки, но стремительныя муры прорываютъ неудачное сооруженіе человѣческаго искусства, и потоки, нѣкоторое время задержанные плотиной, съ удвоенною силою бросаются внизъ. Такъ, напр., въ прошломъ столѣтіи, вслѣдствіе прорыва плотины въ Таминѣ, былъ засыпанъ Рагацъ слоемъ щебня въ 4—5 м. мощностью. Но даже и въ тѣхъ случаяхъ, когда сооруженія правильны и прочны, довольно рискованно полагаться на одну плотину. Доказательствомъ этого служатъ сооруженія въ долинѣ Ферзины у Тріента. Эта долина открываетъ пути для самой страшной муры во всемъ Тиролѣ: открываясь съ востока у самаго Тріента и соединяясь здѣсь съ долиною Эча, она угрожаетъ своими рыхлыми скопленіями городу и его плодороднымъ окрестностямъ. Для защиты отъ этой муры уже въ XVI столѣтіи была сооружена огромная плотина у Понтальто, перестраивавшаяся затѣмъ нѣсколько разъ и достигающая теперь 35 м. въ высоту. Но хотя въ 1883 году она была повышена на цѣлый метръ, массы щебня, отложившагося около нея, не достигаютъ края только на $1^1/_2$ м. Въ прошлыя столѣтія она была четыре раза разрушена, и въ такихъ случаяхъ катастрофы сопровождались огромными опустошеніями.

Въ послѣднее время было придумано средство уничтожить зло въ самомъ корнѣ. Для этого предлагается устраивать плотины не только внизу въ отводномъ каналѣ муры, но начинать работу сверху, т.-е. съ области питанія внезапныхъ потоковъ. Можно было бы здѣсь привести нѣсколько примѣровъ подобныхъ сооруженій, относящихся къ болѣе раннему времени, но какъ по размѣрамъ, такъ и по способу постройки выдающееся мѣсто занимаютъ плотины, сооруженныя недавно

во французскихъ Альпахъ и Пиринеяхъ и служащія образцомъ для всѣхъ подобныхъ построекъ (рис. 291). Въ верхнихъ частяхъ муры и во всѣхъ развѣтвленіяхъ ея устраиваются каменныя плотины, которыя имѣютъ цѣлью остановить потокъ и задержать щебень. Между ними располагается множество мелкихъ „живыхъ“ загородокъ: долина закладывается во всю ея ширину крѣпко сплетенными вѣтвями деревьевъ, которыя затѣмъ пускаютъ ростки и образуютъ густыя стѣны кустарника. Такія же сооруженія дѣлаются и вдоль всего ручья; одновременно съ тѣмъ на склонахъ горъ правильно и постепенно разводятся лѣса.

Рис. 291. Загородки, устроенныя во французскихъ Альпахъ. (По Зеккендорфу.)

Страшныя катастрофы 1882 г. побудили и въ другихъ альпійскихъ областяхъ заняться устройствомъ правильныхъ плотинъ и разведеніемъ лѣса: такія мѣры были приняты въ южномъ Тиролѣ и въ Каринтіи. Если начатое дѣло будетъ вестись съ надлежащей энегіей и по опредѣленному плану, то можно надѣяться, что число муръ уменьшится, и превращеніе плодородныхъ полей въ пустыни будетъ земедлено. Но было бы наивнымъ обольщеніемъ думать, что всѣ эти мѣры представляютъ какое то универсальное средство для полнаго уничтоженія внезапныхъ потоковъ: ливни не прекратятся, и воды ихъ будутъ постоянно сносить рыхлые продукты разрушенія въ долины: не въ нашихъ силахъ уничтожить зло въ корнѣ, — мы можемъ только ослабить гибельныя его послѣдствія.

Образованіе долинъ.

Мы видѣли, что для образованія муръ необходимъ извѣстный уклонъ почвы; точно также и рѣка можетъ производить значительное размываніе только въ томъ случаѣ, если она протекаетъ по наклонному руслу; при этомъ вода не только уноситъ твердыя частицы, но, передвигая ихъ съ большою силою по поверхности омываемыхъ ею породъ, разрушаетъ послѣднія. Рѣка, несущая въ своихъ водахъ песокъ и гальки, глубоко врѣзывается въ тѣ породы, по которымъ она течетъ; говоря образно, она дѣйствуетъ, какъ пила, зубцами которой служатъ унесенныя твердыя части. Напряженность процесса размыванія чрезвычайно велика, и при благопріятныхъ условіяхъ углубленіе русла совершается очень быстро. Примѣромъ можетъ служить извѣстная рѣка Симето въ Сициліи: въ 1603 г. въ нее излился лавовый потокъ Этны и заградилъ ей путь; рѣка промыла запрудившую ее лаву, и теперь ложе достигаетъ въ этомъ мѣстѣ отъ 16 до 35 метровъ въ глубину и 12—16 метровъ въ ширину. Хотя время изверженія опредѣлено, какъ кажется, не совсѣмъ вѣрно, но во всякомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ лавой недавняго происхожденія, которая не успѣла еще покрыться растительностью. Но еще поразительнѣе примѣръ, приводимый Дуттономъ изъ практики золотыхъ розсыпей въ Калифорніи, гдѣ отдѣленіе золота производится при помощи проточной воды. Для отмучиванія *) золота, мельчайшія частицы котораго распредѣлены въ массахъ песку и галекъ, отводятъ ручьи, берущіе начало въ возвышенныхъ мѣстахъ, и пользуются ихъ силою для промыванія золотоноснаго песку: находясь подъ сильнымъ давленіемъ, вода проходитъ толщу щебня, переворачиваетъ и движетъ гальки, золото отмывается, а на мѣстѣ, подвергнутомъ такой разработкѣ, остается голая каменистая пустыня. Ручьи, стекающіе послѣ этой работы, несутъ гальки и песокъ и сильно размываютъ горныя породы, по которымъ они пролагаютъ путь: въ нѣкоторыхъ мѣстахъ въ теченіе какого-нибудь года они прорыли въ твердыхъ базальтахъ борозды, глубиною въ 3—6 метровъ. Въ 1714 году рѣка Кандеръ, впадавшая въ Ааръ ниже Тунскаго озера, была отведена посредствомъ туннеля въ это озеро, но уже черезъ нѣсколько недѣль туннель превратился въ глубокое ущелье, и потокъ ежедневно выносилъ въ озеро около 40,000 куб. литровъ твердыхъ породъ. Конечно, эти исключительные случаи нельзя возводить въ общее правило, но они показываютъ, какой силы достигаетъ размываніе при особенно благопріятныхъ условіяхъ: при менѣе значительномъ уклонѣ рѣка еще можетъ переносить твердыя части, но она уже не про-

---

*) Что разумѣется подъ именемъ отмучиванія, можно видѣть изъ слѣдующаго простого опыта. Перемѣшаемъ горсть песку съ мелко-истолченнымъ мѣломъ и взболтаемъ смѣсь въ водѣ. Если мы оставимъ стаканъ на нѣкоторое время въ покоѣ, песокъ быстро осядетъ на дно, частицы же мѣла останутся взвѣшенными въ водѣ. Осторожно сольемъ воду, содержащую мѣлъ, стараясь, чтобы она не увлекла за собою крупинокъ песку. Повторимъ эту операцію нѣсколько разъ: въ результатѣ — мѣлъ будетъ совершенно отдѣленъ отъ песку. Описанный процессъ отдѣленія носитъ названіе *отмучиванія.* Онъ имѣетъ широкое примѣненіе въ тѣхъ случаяхъ, когда изъ механической смѣси двухъ различныхъ по удѣльному вѣсу тѣлъ необходимо выдѣлить одну составную часть. Въ случаѣ значительнаго удѣльнаго вѣса при лабораторныхъ работахъ пользуются не водою, а такъ называемыми тяжелыми жидкостями, каковы, напр., насыщенные растворы вольфрамово-кислаго натрія (уд. вѣсъ = 3,02), двойной соли, іодистаго калія и іодной ртути (уд. вѣсъ = 3,19), іодистаго барія и іодной ртути (уд. вѣсъ = 3,58) и т. д. Способъ отмучиванія имѣетъ примѣненіе какъ въ лабораторіяхъ, напр., при раздѣленіи минераловъ, входящихъ въ составъ горной породы (для этого послѣдняя толчется въ порошокъ), такъ и въ горнопромышленной практикѣ, какъ, напр., при отдѣленіи золота отъ песка. *Прим. перев.*

изводитъ размыванія. При дальнѣйшемъ замедленіи теченія происходитъ, наконецъ, отложеніе твердаго матеріала, унесеннаго рѣкою.

Приблизительное представленіе о значеніи наклона русла и скорости теченія можно всего лучше составить при помощи слѣдующей таблицы *Стефенсона:*

Путь, проходимый рѣкою въ 1 секунду.	Путь, проходимый рѣкою въ 1 часъ.	Переносная дѣятельность рѣки
7,5 сант.	0,27 килом.	Начинаетъ уносить тончайшій илъ.
15 „	0,54 „	Несетъ мельчайшій песокъ.
20 „	0,72 „	Несетъ песчаныя зерна величиною съ льняное сѣмя
30 „	1,08 „	Несетъ мелкій гравій.
60 „	2,16 „	Передвигаетъ по дну гальки отъ 1,5 сант. въ поперечникѣ.
90 „	3,24 „	Передвигаетъ по дну угловатые камни велич. съ курин. яйцо.

Значеніе угла паденія ясно видно изъ сопоставленій Эли де-Бомона, которыя показываютъ, какъ вообще невеликъ долженъ быть уклонъ, чтобы образовалась довольно быстрая рѣка: при паденіи въ $^1/_2$ сантим. на 1 килом., т. е. при наклонѣ въ 10 секундъ, вода уже начинаетъ течь, но еще медленно и приводитъ въ движеніе только очень мелкія тѣла; но уже при наклонѣ въ 3,5 минуты или при паденіи въ 10 сант. на 1 километръ рѣка становится судоходной; при наклонѣ въ 30 минутъ она несетъ валуны величиною въ человѣческую голову, при наклонѣ въ $1^1/_2$ градуса — глыбы, достигающія $^2/_3$ метра въ поперечникѣ; наконецъ, при наклонѣ въ 5 градусовъ рѣка или ручей образуютъ рядъ большихъ и малыхъ водопадовъ,

Если мы пожелаемъ воспользоваться приведенными данными для дальнѣйшихъ выводовъ, то должны будемъ принять еще въ разсчетъ, что въ различныхъ частяхъ одного и того же поперечнаго разрѣза рѣки скорость движенія неодинакова. Значительное треніе воды о берега и дно и слабое треніе на мѣстѣ соприкосновенія ея съ воздушной оболочкой обусловливаютъ замедленіе теченія. Въ наиболѣе глубокихъ своихъ частяхъ рѣка достигаетъ наибольшей быстроты посрединѣ, нѣсколько ниже поверхности уровня; отсюда скорость теченія постепенно ослабѣваетъ, какъ по направленію къ краямъ и дну, такъ и по направленію вверхъ. Такъ какъ замедленіе, происходящее вслѣдствіе тренія о воздухъ, весьма незначительно, то наиболѣе быстрая струя должна протекать очень близко къ поверхности; въ широкихъ и мелкихъ рѣкахъ постепенное возрастаніе скорости съ глубиною даже незамѣтно: въ нихъ теченіе прямо замедляется по направленію отъ поверхности ко дну. Для переноса твердыхъ частицъ важна не наибольшая скорость теченія, а быстрота движенія воды на самомъ днѣ, такъ какъ тяжелые обломки не подымаются вверхъ, а катятся по дну рѣки.

Нормальною рѣкою можно назвать слѣдующую: она беретъ начало въ горахъ и быстро бѣжитъ здѣсь по наклонному ложу, затѣмъ вступаетъ въ пониженную, обыкновенно холмистую мѣстность и течетъ здѣсь медленнѣе, наконецъ, спускается въ низменность и достигаетъ устья. Такая рѣка въ верхнемъ теченіи производитъ значительное размываніе и переносъ, въ среднихъ частяхъ ея переносъ продолжается, но ложе не углубляется больше, и, наконецъ, въ нижнемъ теченіи происходитъ отложеніе наносовъ и постепенное, но непрерывное повышеніе дна. Сказанное даетъ намъ только схематическую картину дѣятельности рѣки, и дѣленіе потока на три рѣзко разграни-

ченныхъ части нельзя принимать въ буквальномъ смыслѣ. Было бы правильнѣе сказать, что въ верхнемъ теченіи рѣки преобладаетъ размываніе, а въ нижнемъ — отложеніе; въ среднихъ же частяхъ существуетъ извѣстное равновѣсіе между обоими процессами. Даже бѣшеные альпійскіе ручьи, производящіе размываніе въ самыхъ широкихъ размѣрахъ и приносящіе въ долину огромное количество матеріала, отлагаютъ часть несомыхъ ими большихъ глыбъ и камней всюду, гдѣ наклонъ ихъ русла временно уменьшается. Если рѣка, уже начавшая отлагать твердыя части, встрѣчаетъ въ нижнемъ теченіи каменныя массы, заграждающія ей дальнѣйшій путь, то она образуетъ пороги; здѣсь скорость теченія увеличивается: спокойныя до тѣхъ поръ воды изливаются съ шумомъ и ревомъ, и рѣка снова проявляетъ размывающую дѣятельность. Такъ, напр., рѣка Дунай между Баціасомъ въ Банатѣ и Турномъ-Севериномъ въ Румыніи прорѣзываетъ поясъ значительныхъ горъ и образуетъ пороги, среди которыхъ наиболѣе замѣчательные пороги у „Желѣзныхъ Воротъ". Рѣки Нилъ, Конго, Замбези и Нигеръ въ Африкѣ, Ориноко въ Южной Америкѣ и др. представляютъ рядъ такихъ примѣровъ *).

Другія рѣки, и въ числѣ ихъ многія весьма значительныя, вовсе не прорѣзываютъ на своемъ пути горъ; примѣромъ могутъ служить Волга, Бѣлый Нилъ, Конго и др. Наконецъ, иногда, рѣки проходятъ черезъ озера, что вызываетъ значительныя измѣненія ихъ дѣятельности: всѣ твердыя части отлагаются на днѣ озера, и потокъ выходитъ изъ него лишеннымъ своего главнаго оружія разрушенія. Впрочемъ, существованіе такихъ внутреннихъ озеръ представляетъ лишь кратковременный (съ геологической точки зрѣнія) эпизодъ въ исторіи рѣчной долины; вливающіяся въ нихъ рѣки и ручьи скоро заполняютъ котловину осадками, и вмѣсто озера остается только плоское, иногда болотистое, расширеніе ложа.

Во всякомъ случаѣ мы находимъ цѣлый рядъ уклоненій отъ воображаемой схемы нормальной рѣки. Необходимо помнить, что природа не допускаетъ однообразія, и что отдѣльныя явленія ея представляютъ безконечное множество видо-

---

*) Пороги представляютъ обыкновенную принадлежность русскихъ рѣкъ: въ сѣверной полосѣ Европейской Россіи нѣтъ ни одной судоходной рѣки, которая не имѣла бы болѣе или менѣе значительныхъ пороговъ; они находятся на Сѣв. Двинѣ, Сухонѣ, Свири, Невѣ, Волховѣ, Лугѣ, Наровѣ, Великой, Мстѣ, Тверцѣ, Чагодощѣ, Шекснѣ, Волгѣ (въ Ярославск. губ. противъ г. Мышкина), Западной Двинѣ, Нѣманѣ. Изъ рѣкъ южной полосы Россіи пороги существуютъ на Мокшѣ, Днѣпрѣ, Бугѣ и Днѣстрѣ.

Въ предѣлахъ распространенія эрратическихъ камней пороги являются нерѣдко вслѣдствіе скопленія валуновъ, вымытыхъ рѣкою или принесенныхъ льдомъ во время половодій; но въ большинствѣ случаевъ они образуются въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ рѣка пролагаетъ свой путь черезъ твердыя породы, съ трудомъ поддающіяся разрушенію; иногда пороги представляютъ остатки размытыхъ водопадовъ.

Днѣпровскіе пороги по своей величинѣ занимаютъ, безспорно, первое мѣсто. Нѣсколько выше Кременчуга, преимущественно на правомъ берегу, появляются выступы кристаллическихъ породъ; между Екатеринославлемъ и Александровскомъ они становятся болѣе сближенными; почти каждый выступъ имѣетъ здѣсь соотвѣтственное продолженіе на противоположномъ берегу. Ниже Александровска до Никополя кристаллическія породы обнаруживаются въ самомъ руслѣ рѣки, на берегахъ же совсѣмъ исчезаютъ. Днѣпровскіе выходы кристаллическихъ породъ представляютъ, повидимому, ряды грядъ или мелкихъ кряжей, то сближенныхъ, то удаленныхъ другъ отъ друга: въ порожистой части Днѣпра обнаружены двѣ складки, — одна между Игнатьевкой и Федоровкой, другая между Лоханскимъ порогомъ и Ямбургомъ.

Въ мѣстахъ пересѣченія Днѣпромъ, такіе кряжи образуютъ пороги или заборы. Пороги представляютъ гряды камней, проходящія по руслу рѣки и соотвѣтствующія простиранію кристаллическихъ породъ. Нѣкоторые камни всегда возвышаются надъ водою, другіе выставляются только въ межени, большинство скрывается въ водѣ во всякое время. Заборами называютъ гряды камней, занимающихъ только часть русла; сравнительно съ

измѣненій. Но теоретическое дробленіе рѣки на три части, проявляющихъ разную дѣятельность, въ общихъ чертахъ остается правильнымъ и можетъ быть положено въ основаніе нашего знакомства съ образованіемъ долинъ. Результатомъ дѣятельности рѣки является уничтоженіе различій въ высотѣ ея уровня, въ уравненіи наклона русла и въ образованіи равномѣрно падающей долины, которая не представляетъ рѣзкихъ нарушеній на своемъ пути и подымается отъ устья къ истокамъ по слабо изогнутой параболической дугѣ. Но прежде чѣмъ такой именно результатъ будетъ достигнутъ, рѣка все глубже размываетъ ложе въ верхнихъ частяхъ, оставляетъ его неизмѣннымъ въ среднемъ теченіи и повышаетъ дно въ низовьяхъ путемъ постепеннаго накопленія наносовъ. Насколько энергиченъ послѣдній процессъ, обыкновенно оцѣниваемый слишкомъ низко, показываетъ присутствіе валоподобныхъ насыпей у береговъ рѣкъ, протекающихъ среди совершенно плоской равнины. Извѣстный примѣръ этого рода представляетъ рѣка По; мощныя накопленія приносимыхъ ею галекъ высоко поднимаются надъ окрестностной низменностью, и самый уровень рѣки лежитъ на 1 метръ выше улицъ городка Феррары.

Признакомъ незаконченнаго образованія долины служитъ присутствіе *водопадовъ*: послѣдніе указываютъ на существованіе въ ложѣ рѣки неразмытыхъ еще поперечныхъ торрассъ, съ которыхъ вода падаетъ приблизительно вертикально. Въ этихъ мѣстахъ потокъ обладаетъ наибольшею разрушительною силою: воды, несущія камни и песокъ, при своемъ паденіи углубляютъ дно рѣки и подмываютъ основаніе террассы: слѣдствіемъ этого является обвалъ передней ея части. Такимъ образомъ водопадъ не остается на мѣстѣ, а съ теченіемъ времени *передвигается вверхъ*; при этомъ высота его уменьшается, и разность уровней рѣки до встрѣчи террассы и дальше постепенно сглаживается.

Одинъ изъ наиболѣе извѣстныхъ и прекрасно изслѣдованныхъ примѣровъ представляетъ знаменитый Ніагарскій водопадъ: огромныя массы воды, изливающіяся изъ Эри въ Онтаріо, падаютъ съ вертикальной террассы, достигающей почти 50 м. въ высоту и образованной горизонтальными пластами верхне-силурійскихъ отложеній. Край водопада и верхнія части обрыва состоятъ изъ твердыхъ известняковъ,

---

порогами они представляютъ мѣста болѣе полнаго разрушенія каменныхъ грядъ. Между Кременчугомъ и Екатеринославомъ находятся только заборы, въ числѣ 12; далѣе же до Александровска располагается еще девять пороговъ; заборы продолжаются на всемъ протяженіи, гдѣ только мы находимъ выступы кристаллическихъ породъ. Днѣпровскіе пороги представляютъ весьма важное затрудненіе для судоходства: плоты и барки должны проходить по извилистому фарватеру между каменьями при быстротѣ теченія, доходящей до 1,11 саж. въ секунду. Устроенные въ порогахъ каналы и взорванные камни не устраняютъ зла, и судоходство можетъ совершаться только въ кратковременный періодъ высокихъ водъ, да и то лишь въ одномъ направленіи, — сверху внизъ.

Такіе же выступы кристаллическихъ породъ являются причиною пороговъ на Бугѣ и Днѣстрѣ близъ Ямполя.

Изъ сибирскихъ рѣкъ наиболѣе порожисты рр. Енисей и Ангара. Лена не имѣетъ настоящихъ пороговъ, но ими изобилуютъ нѣкоторые ея притоки, какъ, напр., Витимъ и др. Амуръ въ мѣстахъ пересѣченія имъ горныхъ кряжей носитъ порожистый характеръ, и судоходство по этой рѣкѣ до впаденія Сунгари сопряжено съ большими опасностями.

Въ мѣстностяхъ гористыхъ, рѣки вообще порожисты, такъ какъ здѣсь выступаютъ породы, различно относящіяся къ разрушенію. Поэтому не только рѣки Кавказа, Тянь-Шаня и другихъ высокихъ горъ, но даже и тѣ, которыя текутъ по склонамъ небольшихъ возвышенностей, напр., Уральскія, имѣютъ пороги. Изъ многочисленныхъ рѣкъ Финляндіи, Кольскаго полуострова и западныхъ уѣздовъ Олонецкой губерніи, можно сказать, нѣтъ ни одной, на которой не было бы пороговъ.

Прим. перев.

нижнія же части сложены изъ менѣе прочныхъ сланцевъ и песчаниковъ: при такихъ условіяхъ размываніе террассы должно происходить легко и правильно. Водопадъ низвергается въ глубокую пропасть, которая ограничивается вертикальными стѣнами и тянется на протяженіи 12 км.: она образовалась путемъ постепеннаго размыванія ложа рѣки водопадомъ. Если допустить, что ежегодное отступаніе послѣдняго достигаетъ приблизительно 33 сант. и что размываніе совершалось прежде съ такою же силою, какъ и теперь, то можно будетъ приблизительно опредѣлить время, которое понадобилось для образованія этой глубокой пропасти: оно равняется 36,000 лѣтъ, и если въ общемъ условія не измѣнятся, то черезъ 70,000 лѣтъ водопадъ оступитъ до выхода Ніагары изъ озера и, наконецъ, совершенно исчезнетъ. Въ самое послѣднее время (1890 г.) были предприняты измѣренія водопада, и результаты ихъ сопоставлены съ цыфрами, полученными въ 1842 г.; оказалось слѣдующее: въ теченіе 48 лѣтъ съ американской стороны водопада исчезло 360 кв. м. террассы, а съ канадской — 25,610 куб. м.*). Такимъ образомъ ежегодное отступаніе въ первомъ случаѣ достигаетъ 0,195 м., а во второмъ — 0,663 м. Предполагая, что размываніе и прежде происходило съ тою же силою, мы найдемъ, что отступаніе водопада отъ мѣста впаденія Ніагары въ Онтаріо до его настоящаго положенія совершилось въ теченіе 7000 лѣтъ.

Своеобразное явленіе, наблюдаемое у многихъ сильныхъ водопадовъ, представляютъ такъ называемые *исполиновые котлы* (Riesenkessel, marmites de géants). Такъ называются цилиндрическія углубленія, находимыя въ твердыхъ породахъ известняка, гранита т. п., а также и въ рыхлыхъ образованіяхъ въ родѣ глинъ; эти котловины достигаютъ до 12 м. въ глубину и ограничиваются гладко отшлифованными стѣнами со слѣдами спиральныхъ бороздъ. Образовались онѣ слѣдующемъ образомъ: свободно падающая вода, встрѣчая на пути обломки твердыхъ породъ, приводитъ ихъ во вращательное движеніе и какъ-бы сверлитъ ими дно; если такое вращеніе непрерывно продолжается на одномъ и томъ же мѣстѣ, то котловина постепенно углубляется. Обыкновенно на днѣ послѣдней находятся и тѣ глыбы, которымъ она обязана своимъ возникновеніемъ, и которыя обыкновенно имѣютъ видъ пушечныхъ ядеръ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ, впрочемъ, онѣ распались въ слѣдствіе долговременнаго тренія. Въ сухое лѣто 1857 года уровень Рейна у Шаффгаузена стоялъ чрезвычайно низко. Въ это время у подножія водопада было замѣчено множество исполиновыхъ котловъ. Въ тѣснинахъ Зальцаха у Голлинга мы встрѣчаемъ такъ называемыя „печи“ (Ofen), расположенныя не только на днѣ рѣки, но и въ ея берегахъ на значительной высотѣ. Это тѣ же исполиновые котлы; они образованы водопадомъ, который существовалъ здѣсь, когда рѣка обладала болѣе высокимъ уровнемъ.

Нерѣдко находятъ исполиновые котлы, образованные несуществующими теперь рѣками. Въ огромномъ числѣ встрѣчаются они въ Швеціи и Норвегіи, но извѣстны также и въ сѣверо-германской низменности, напр., въ Рюдерсдорфѣ у Берлина, гдѣ они прорѣзываютъ поверхность раковистаго известняка. Прекрасные образцы испо-

---

*) При паденіи рѣка Ніагара раздѣляется Козьимъ островомъ (Goat Island) на два рукава на большой или Канадскій водопадъ, достигающій около 600 м. въ вышину, и малый или Американскій, шириною въ 200 м. Далѣе Ніагара низвергается въ упомянутое выше глубокое ущелье.

Прим. перев.

линовыхъ котловъ находимъ мы въ такъ называемомъ люценскомъ „Ледниковомъ саду“ (Gletschergarten), гдѣ неровная поверхность породъ покрыта множествомъ такихъ углубленій (см. рис. 292). Они засыпаны щебнемъ, пескомъ, глиной, обломками камней, которые необходимо удалить, чтобы котловины выступили передъ изслѣдователемъ во всей своей неприкосновенности; тутъ же можно найти и закругленныя ядра, которыя легко узнаются по ихъ формѣ. Большая часть такихъ котловъ лежитъ въ области распространенія диллювіальныхъ льдовъ, а потому происхожденіе ихъ приписывали водѣ, образовавшейся при таяніи глетчеровъ. Къ этому вопросу мы еще вернемся въ главѣ о ледникахъ.

Въ Россіи можно указать нѣсколько примѣровъ отступанія водопадовъ (по народному выраженію „падуновъ“) и образованія исполиновыхъ котловъ. Въ сѣверной Эстляндіи большинство рѣчекъ имѣютъ водопады; всѣ они протекаютъ приблизительно съ юга на сѣверъ; достигая такъ называемаго глинта, т.-е. террассы, идущей вдоль берега Финскаго залива и образованной породами силурійской системы, эти рѣчки прорываютъ въ немъ болѣе или менѣе глубокое ложе-ущелье и ниспадаютъ красивыми водопадами. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ глинтъ, огибая Ревель, подходитъ къ берегу залива съ восточной стороны отъ города, виднѣется живописная долина, довольно глубоко врѣзывающаяся въ высокую террассу. Эта долина съ пологими берегами, покрытыми богатою растительностью, получила названіе „Волчьяго ущелья“. Посреди нея пробивается ручей, а въ концѣ ущелья низвергаются два водопада; одинъ изъ нихъ падаетъ съ 4 метровъ высоты. Въ сухое время ручей совершенно изсякаетъ, и тѣмъ не менѣе вся долинка, достигающая саженъ 15 въ длину и сажени 3 въ ширину, произошла благодаря размывающей силѣ его и постепенному отступанію водопада. Другой не менѣе интересный водопадъ находится на р. Ягговаль, верстахъ въ 30 къ востоку отъ Ревеля; съ высоты 7 метровъ падаетъ здѣсь широкая струя воды, окутанная массой водяной пыли и брызгъ. Съ западной стороны Ревеля почти на томъ же разстояніи (25 в.), находится третій водопадъ, образованный Фальскимъ ручьемъ. Образуя изгибы и островки, ручей спокойно течетъ среди невысокихъ живописныхъ береговъ, покрытыхъ запущеннымъ паркомъ. У замка Фаль онъ неожиданно низвергается водопадомъ съ 6 метр. высоты и далѣе въ видѣ бурнаго потока несется къ заливу. Отступаніе этого водопада происходитъ, кажется, быстрѣе Ягговальскаго; явные слѣды его видны на обоихъ берегахъ: ниже водопада на высотѣ 25 фут. надъ нынѣшнимъ уровнемъ ручья въ наносѣ встрѣчаются прѣсноводныя раковины, тождественныя съ тѣми, которыя встрѣчаются въ пескахъ устья (Cyclas cornea и Cyclas lacustris); такимъ образомъ раньше водопадъ протекалъ по глинту и ниспадалъ съ его края, но съ теченіемъ времени значительно отодвинулся назадъ.

Среди всѣхъ Эстляндскихъ водопадовъ самое выдающееся мѣсто занимаетъ Нарвскій водопадъ въ 12 килом. отъ Финскаго залива на р. Наровѣ. Онъ значительно меньше Ніагарскаго, но представляетъ такой же прекрасный примѣръ отступанія и также образуетъ два рукава, раздѣленныхъ островомъ Кренгольмомъ. Высота паденія въ обоихъ рукавахъ почти одинакова — около 23 фут. (7 метр.). Сила Нарвскаго водопада по приблизительному разсчету достигаетъ 100,000 лошадиныхъ силъ (Ніагарскій водопадъ = $6^1/_2$ милліоновъ лошадиныхъ силъ). Ударяя въ ложе рѣки, водопадъ образовалъ здѣсь ямы глубиною отъ 1 до $1^1/_2$ метр. Сила Нарвскаго водопада эксплоатируется въ настоящее время построенными около него фабриками. Медленное, но непрерывное отступаніе его доказывается какъ наблюденіями самихъ жителей, такъ и научными данными: прѣсноводныя раковины и рѣчные наносы, находимые ниже водопада на значительной высотѣ и самый характеръ долины несомнѣнно свидѣтельствуетъ о происходившемъ ранѣе отступаніи. Такимъ образомъ по прошествіи тысячелѣтій Нарвскій водопадъ сравняется, ложе р. Наровы станетъ болѣе пологимъ и будетъ все болѣе и болѣе углубляться. Когда это постепенное углубленіе достигнетъ самого Пейпуса, то отсюда будетъ изливаться черезъ р. Нарову огромное количество воды. При дальнѣйшемъ теченіи процесса Чудское озеро должно осушиться, и р. Нарова соединится съ р. Великою въ одну рѣку, рѣки же Эмбахъ, Вай и др. удлинивъ свое теченіе, проложатъ болѣе глубокія русла.

Недалеко отъ Петербурга находится другой знаменитый водопадъ Иматра на р. Вуоксѣ, которая до своего впаденія въ Ладожское озеро проходитъ рядъ озеръ. По выходѣ изъ оз. Саймы, она начинаетъ падать по уступамъ на протяженіи 304 метр. съ высоты около 15 метр. Это и есть извѣстный водопадъ. Иматра представляетъ узкое ущелье съ суровыми стѣнами, вверху густо заросшими растительностью, которая пышно раскинулась на почвѣ, пропитанной сырыми испареніями. Рѣка, сдавленная въ объятіяхъ скалъ, прыгаетъ и мчится, перекатываясь черезъ камни, вспучиваясь шапками пѣны и швыряя брызгами вверхъ на цѣлыя сажени. Ложе рѣки образовано твердыми гнейсовыми породами. Ширина Вуоксы въ настоящее время только 20 метр. Непосредственно около праваго берега поднимается значительная возвышенность; подобный же уступъ виденъ и на дру-

гомъ берегу: это остатокъ стараго ложа Иматры. Пространство между берегомъ и обѣими террассами покрыто лѣсомъ; громадныя закругленныя скалы высятся то тутъ, то тамъ; большіе валуны разбросаны всюду; сглаженность скалъ, обыкновенно вытянутыхъ по направленію теченія водопада, присутствіе массы валуновъ и, наконецъ, самое главное — большое количество исполиновыхъ котловъ, встрѣчающихся даже въ валунахъ, — все это даетъ указаніе на прежнее присутствіе тутъ воды и на болѣе высокій уровень Вуоксы въ этомъ мѣстѣ. Исполиновые котлы разной величины достигаютъ до 7 фут. въ глубину и до 3 фут. въ поперечникѣ; они располагаются иногда группами около какой-нибудь скалы, по 7 и 8 вмѣстѣ, и находятся въ разныхъ стадіяхъ образованія; иные только зачинаются — на скалѣ видны неглубокія луночки, другіе значительно углублены; иногда котлы, расположенные рядомъ, соединяются небольшими перемычками.

На рѣкѣ Сѣверномъ Выгѣ, который беретъ начало въ Олонецкой губерніи и впадаетъ въ Бѣлое море, мы находимъ три живописныхъ водопада. Благодаря прекрасному стихотворенію Державина огромною извѣстностью пользуется водопадъ Кивачъ на р. Сунѣ въ Олонецкой губ. Наконецъ, пороги на рр. Сяси, Волховѣ и др. представляютъ размытые остатки нѣкогда существовавшихъ водопадовъ. Къ сожалѣнію наши водопады гораздо болѣе обращали на себя вниманіе поэтовъ, подарившихъ насъ не однимъ прекраснымъ стихотвореніемъ,—научныхъ же изслѣдованій по вопросу объ ихъ отступаніи или совсѣмъ не имѣется, или же они страдаютъ неполностью; поэтому мы лишены возможности выразить напряженность этого процесса точными цыфрами. *Перев.*

Не только при паденіи съ значительной высоты, но и при обычныхъ условіяхъ теченія, рѣки промываютъ глубокія котловины въ ихъ днѣ. Онѣ образуются при встрѣчѣ двухъ потоковъ, когда вода приходитъ въ вихревое вращательное движеніе и какъ бы сверлитъ дно. Точно также въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ скорость теченія усиливается, вслѣдствіе увеличенія наклона русла или вслѣдствіе внезапнаго съуженія ложа, на днѣ образуются глубокія промоины. Послѣднія обратили на себя общее вниманіе при разчисткѣ фарватера. Такъ, напр., на днѣ Дуная найдены котловины въ 14 и 18 м., между тѣмъ какъ средняя глубина рѣки не превышаетъ $2^1/_2$ — 3 м. Въ Рейнѣ такія промоины достигаютъ 20 — 30 м. въ глубину; въ области знаменитаго Грейнскаго водоворота на Дунаѣ встрѣчаются углубленія въ 30 м., а въ „Желѣзныхъ воротахъ“ они достигаютъ 50 м.

Незаконченность долинъ и стремленіе текучихъ водъ довершить ихъ созиданіе всего яснѣе выступаютъ въ высочайшихъ областяхъ горъ, гдѣ ложа рѣкъ обладаютъ наиболѣе значительнымъ уклономъ. Если мы вообразимъ, что воды стекаютъ по равномѣрно падающимъ склонамъ, то въ верхнихъ частяхъ потоковъ размывающая дѣятельность будетъ выражаться слабо, такъ какъ здѣсь ручьи бѣгутъ въ видѣ отдѣльныхъ тонкихъ нитей и несутъ въ своихъ водахъ незначительное количество песку, галекъ и гравія, при посредствѣ которыхъ главнымъ образомъ и происходитъ углубленіе ложа. Только въ болѣе низкихъ частяхъ склоновъ, тамъ, гдѣ отдѣльные ручьи сливаются въ одинъ общій потокъ, и гдѣ сила ихъ концентрируется на болѣе ограниченномъ пространствѣ, размываніе и прорытіе долинъ выразится въ болѣе энергичной формѣ. Вслѣдствіе этого долина, верхняя половина которой обладаетъ сравнительно со склонами болѣе сильнымъ паденіемъ, нижняя — болѣе слабымъ, съ теченіемъ времени развивается по направленію вверхъ, и туда же перемѣщается граница между болѣе крутою и болѣе пологою ея частями; наконецъ, она достигаетъ гребня горной цѣпи и понижаетъ его. При этомъ въ верхней, сильнѣе наклоненной части долины, размыванію преимущественно подвергается дно, а въ нижней, пологой половинѣ, главнымъ образомъ разрушаются стѣны: здѣсь долина расширяется, и на днѣ ея отлагается наиболѣе крупный матеріалъ, приносимый потокомъ съ верхнихъ областей. Такимъ образомъ поперечный разрѣзъ верхнихъ частей долины обладаетъ V-образною, а разрѣзъ нижнихъ частей — U-образною формою. Эти типичныя формы, продолжая

развиваться въ томъ же направленіи, еще болѣе удаляются другъ отъ друга. Нижнія части долинъ все болѣе расширяются и понижаются, а верхнія ихъ области, гдѣ мощный потокъ сглаживаетъ всѣ неровности уровня, углубляются, суживаются и превращаются въ ущелье, подобное трещинѣ, съ почти вертикальными стѣнами. Тѣснины Альпъ и другихъ горъ могутъ служить примѣрами такихъ образованій, чаще всего встрѣчающихся въ известнякахъ, сланцахъ и песчаникахъ (см. рис. 293)

Рис. 292. Исполинскіе котлы въ люцернскомъ „Ледниковомъ Саду“

Такимъ образомъ дѣятельность рѣки сводится къ углубленію и сглаживанію дна, къ расширенію долины въ стороны и вверхъ и къ пониженію водораздѣла. О послѣдней формѣ дѣятельности рѣкъ мы должны сказать здѣсь еще нѣсколько словъ. Когда развитіе ложа достигнетъ водораздѣла, послѣдній начинаетъ разрушаться и понижаться. Это разрушеніе достигаетъ особенной силы въ томъ случаѣ, когда рѣка питается однимъ или нѣсколькими значительными источниками, которые размываютъ внутреннія части гребня и вызываютъ осѣданіе прикрывающихъ ихъ породъ; одновременно съ тѣмъ продукты разрушенія сносятся съ вершины и склоновъ къ подножію. Такимъ образомъ на мѣстѣ водораздѣла образуются настоящія мульды, которыя распространяются далѣе вверхъ, и рѣки работаютъ надъ дальнѣйшимъ пониженіемъ гребня. Рѣки обнаруживаютъ стремленіе расширять ихъ области во всѣхъ направленіяхъ, и такъ какъ въ горахъ мы находимъ множество расположенныхъ другъ подлѣ друга трещинъ размытія, то между ними возникаетъ борьба за

Рис. 293. Ущелье Лихтенштейна близъ Св. Іоганна въ Понгау.

почву и водораздѣлъ. Постепенное распространеніе разрушительной дѣятельности рѣкъ по направленію кверху, какъ бы оно медленно ни было, сообщаетъ въ концѣ концовъ гребню водораздѣла зигзагообразныя формы. Многоводная рѣка, обладающая сильнымъ уклономъ и встрѣчающая на пути менѣе стойкія породы, быстро рас-

пространяетъ свою разрушительную дѣятельность, увеличиваетъ свою область и иногда подходитъ такъ близко къ сосѣднимъ рѣкамъ, что присоединяетъ къ себѣ ихъ притоки. Прекрасный примѣръ этого рода приводитъ *Геймъ:* стекавшая съ перевала Малоджья и направлявшаяся на югъ рѣка Мера мало-по-малу подошла къ долинѣ Инна, который протекалъ въ сѣверо-восточномъ направленіи, врѣзалась въ его русло и завладѣла его верхнею частью. Источники въ Валь-Брегалья, питавшіе первоначально послѣднюю рѣку, несутъ теперь свои воды въ Меру. Этимъ объясняется, почему верхняя часть долины Инна обладаетъ такою шириною, какую мы обыкновенно наблюдаемъ только въ болѣе низкихъ частяхъ рѣкъ.

Вслѣдствіе пониженія водораздѣла могутъ происходить еще болѣе любопытныя явленія. Пенкъ приводитъ слѣдующій примѣръ: Ахенское озеро, расположенное у самаго Инна, не изливаетъ въ него своихъ водъ, а образуетъ стоки, направленные черезъ известковыя Альпы къ Изару. Первоначально существовала рѣчка, которая впадала въ Иннъ: она была оторвана наносами и превратилась въ озеро; съ пониженіемъ же водораздѣльнаго гребня ея воды стали изливаться къ Изару. Такимъ образомъ вслѣдствіе постепенно распространяющагося вверхъ размыванія сливаются системы разныхъ рѣкъ, не взирая на раздѣлявшія ихъ первоначально высоты. Многія изъ разсматриваемыхъ ниже долинъ имѣютъ такую же исторію.

Если на одномъ изъ горныхъ склоновъ болѣе обильно выпадаютъ атмосферные осадки, то здѣсь развиваются многоводныя рѣки, быстро и глубоко размывающія свои долины и уносящія внизъ много продуктовъ разрушенія; такимъ образомъ съ этой стороны разрушеніе горъ происходитъ быстрѣе, чѣмъ съ противоположной. Послѣдняя особенность имѣетъ иногда чрезвычайно важное значеніе для оцѣнки разрушительной дѣятельности рѣкъ.

Направленіе рѣкъ, форма и исторія ихъ долинъ находятся въ зависимости отъ строенія горъ: въ этомъ не сомнѣвается ни одинъ географъ и ни одинъ геологъ. Что же касается болѣе подробнаго уясненія этой зависимости, то еще недавно взгляды чрезвычайно расходились, и только въ самое послѣднее время удалось ихъ примирить. Въ одной изъ предыдущихъ главъ (см. стр. 353) мы уже познакомились съ тою теоріей, которая приписывала появленіе горъ внезапному акту. Съ точки зрѣнія этой теоріи несомнѣнно, что вся система рѣкъ данной области находится въ полной зависимости отъ строенія мгновенно явившихся горъ. Гребень горной системы долженъ образовать водораздѣлъ. Отдѣльныя системы рѣкъ направятся въ сторону меньшаго сопротивленія по готовымъ для нихъ путямъ; онѣ пріурочиваются къ направленію главныхъ трещинъ, протекаютъ по впадинамъ синклиналей и по расчлененнымъ гребнямъ антиклинальныхъ складокъ. Эта старая теорія уже давно рушилась, но строенію горъ всетаки приписывается огромное значеніе въ образованіи долинъ. Особенный интересъ въ этомъ отношеніи представляетъ теорія *Добре*, основанная на чрезвычайно любопытныхъ опытахъ. Онъ изслѣдовалъ трещины, образовавшіяся вслѣдствіе вращенія и давленія въ зеркальномъ стеклѣ и другихъ тѣлахъ, и нашелъ, что онѣ стоятъ въ извѣстномъ закономѣрномъ отношеніи къ направленію вызвавшей ихъ силы и образуютъ системы, пересѣкающіяся подъ постоянными углами. Далѣе ему удалось доказать, что нѣкоторыя горныя породы обнаруживаютъ трещины, которыя съ большимъ вѣроятіемъ могутъ быть приписаны подобной же причинѣ. Было бы, конечно, весьма желательно свести къ такой простой причинѣ

извѣстныя формы вывѣтриванія, напр., матрацовыя отдѣльности въ песчаникахъ Саксонской Швейцаріи и Чехіи; тѣмъ не менѣе широкое примѣненіе этихъ опытовъ къ вопросу объ образованіи долинъ должно считать ошибочнымъ. Хотя удалось доказать, что рѣки данной мѣстности сводятся къ немногимъ опредѣленнымъ направленіямъ, тѣмъ не менѣе нѣтъ прямого доказательства въ пользу существованія трещинъ, имъ соотвѣтствующихъ, и мы знаемъ только, что рѣчныя долины въ большинствѣ случаевъ распредѣляются такъ-же, какъ и искусственно вызванныя трещины Добре; кромѣ того, мельчайшія развѣтвленія наиболѣе сложныхъ рѣчныхъ системъ не согласуются съ теоріей. Но и въ тѣхъ случаяхъ, когда мы имѣемъ дѣло съ системой, сводящейся къ немногимъ направленіямъ, нѣтъ надобности подыскивать соотвѣтствующую ей систему трещинъ: въ странѣ съ однороднымъ и простымъ строеніемъ главныя направленія рѣкъ опредѣляются просто наклономъ слоевъ, и происхожденіе рѣкъ объясняется безъ всякаго посредства особой системы трещинъ.

Зависимость рѣкъ отъ тектоническихъ особенностей и строенія долинъ должно проявляться различно, смотря по тому, происходитъ ли размываніе въ плоской равнинѣ, гдѣ нарушеніе ихъ пластованія выражено слабо, или въ области складчатыхъ горъ. Тутъ и тамъ возникаютъ свои характерные типы долинъ, съ особенностями которыхъ мы и познакомимся ниже.

Каньоны.

Равнины съ горизонтальными или слабо наклоненными пластами представляютъ для развитія долины сравнительно простыя условія. Легкаго наклона слоевъ, почти всюду наблюдаемаго на земной поверхности, достаточно, чтобы опредѣлить направленіе рѣкъ. Пока вода проявляетъ еще слабую размывающую дѣятельность, она течетъ по широкимъ плоскимъ мульдамъ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ равнина прорѣзывается крутыми обрывами, теченіе рѣкъ усиливается, и ихъ размывающая дѣятельность значительно повышается: потоки текущихъ водъ глубоко врѣзываются здѣсь въ почву и образуютъ узкія ущелья съ крутыми и высокими стѣнами; далѣе область размыванія распространяется постепенно къ истокамъ. Поэтому края плоскогорій часто изрѣзываются глубокими рытвинами, между тѣмъ какъ выше на равнинѣ рѣки текутъ по плоскимъ долинамъ; такія явленія наблюдаемъ мы, напр., въ Саксонской Швейцаріи, въ скалистомъ Альбѣ и на краяхъ южно-африканскихъ Столовыхъ горъ.

Если размываніе дѣйствуетъ долговременно или равнину прорѣзываетъ мощный потокъ, берущій свое начало въ сосѣднихъ богатыхъ водами горахъ, то появляются глубокія и сильно развѣтвленныя долины. Примѣромъ можетъ служить ущелье Эльбы, прорѣзывающее саксонско-чешскую равнину. Долина Нила, проходящая между Ливійскою и Аравійскою пустынями, представляетъ еще болѣе рѣзкій примѣръ этого рода, но крайняго развитія достигаютъ чрезвычайно глубокія тѣснины сѣверо-американскихъ рѣкъ, прорѣзывающихъ возвышенныя равнины Аризоны, Утаха и Колорадо. Эти ущелья испанцы называютъ *каньонами*; они врѣзываются въ самыя твердыя скалы, иногда на нѣсколько тысячъ метровъ въ глубину. Первое мѣсто въ ряду этихъ образованій должна занять долина рѣки Колорадо въ равнинахъ Аризоны, вообще принадлежащая къ числу самыхъ замѣчательныхъ во всемъ свѣтѣ. Эти малодоступныя области были изслѣдованы Ивесомъ, Ньюберри и др., но главнымъ образомъ мы

обязаны сочиненію Дуттона, въ которомъ даны не только описанія этой замѣчательной мѣстности, но приложены также рисунки, дающіе отчетливое и наглядное представленіе о каньонахъ Сѣверной Америки.

Большой Каньонъ рѣки Колорадо располагается преимущественно въ Аризонѣ и, направляясь на сѣверъ, заходитъ отчасти въ Утахъ. Онъ прорѣзываетъ высокую равнину, которая распадается на цѣлый рядъ отдѣльныхъ террассъ; послѣднія мѣстами представляютъ совершенно голую, лишенную растительности пустыню, мѣстами одѣты густыми лѣсами; поверхность этихъ плоскогорій иногда совершенно ровная, иногда имѣетъ волнистый видъ; равнина образована горизонтальными или слабо наклоненными пластами различныхъ породъ, начиная съ древне-третичныхъ и кончая силурійскими образованіями и даже подстилающими ихъ гранитами. Третичныя, мезозойскія и пермскія отложенія образуютъ рядъ мощныхъ террассъ, падающихъ крутыми уступами; подъ ними залегаютъ каменноугольные известняки, иногда на 3000 метр. въ высоту. Въ этихъ-то породахъ и прорѣзала рѣка своеобразный каньонъ: грозная пропасть, обязанная своимъ происхожденіемъ размыванію, достигаетъ мѣстами 2000 метр. высоты, и на стѣнахъ ея обнажаются не только каменноугольные известняки, но и всѣ болѣе древнія породы этой мѣстности.

Наибольшей грандіозности достигаетъ это дикое сооруженіе природы въ такъ называемомъ Каибабскомъ плоскогоріи. Вотъ какъ описываетъ эту мѣстность *Дуттонъ:* „Откуда бы путешественникъ ни подъѣзжалъ къ каньону, всюду бездна послѣдняго раскрывается вдругъ; рѣдко можно встрѣтить признаки, указывающіе его близость: обыкновенно, сосны растутъ на самомъ краю обрывовъ и роняютъ свои шишки въ бездонную пропасть. Уже съ береговъ этого дикаго ущелья раскрывается зрѣлище, не поддающееся никакому описанію, но оно становится еще величественнѣе, если изумленный путникъ заглянетъ въ самыя нѣдра каньона. Картина, открывающаяся съ самаго вытокаго выступа, такъ называемаго „Point sublime“ (Возвышенная точка), особенно поразительна (см. рис. на особомъ листѣ).

„Большой Каньонъ представляетъ совершенно своеобразный, невѣдомый европейцу видъ; картина поражаетъ своею новизною, красота же и грандіозность ея чувствуются не сразу: необходимо ближе познакомиться съ этимъ дивнымъ сооруженіемъ природы, надо привыкнуть къ нему, чтобы понять прелесть и величіе его. Естествоиспытатель, жившій среди Альпъ, въ Италіи, въ Германіи, въ Аппалахскихъ горахъ и т. п., чувствуетъ себя здѣсь ошеломленнымъ, озадаченнымъ; не встрѣчая привычныхъ видовъ, не видя нѣжнаго и постепеннаго перехода красокъ, онъ боязливо осматривается кругомъ, и все ему кажется здѣсь слишкомъ рѣзкимъ и уродливымъ. Но стоитъ только попривыкнуть къ своеобразнымъ особенностямъ мѣстности, и впечатлѣніе мѣняется: то, что казалось сначала грубымъ и дикимъ, становится могучимъ и величественнымъ, и рѣзкія краски пріобрѣтаютъ выразительность. Чтобы дать понятіе о грандіозности зрѣлища, достаточно отмѣтить размѣры каньона: онъ превосходитъ 200 англійскихъ миль въ длину, достигаетъ 5—12 миль въ ширину и спускается на 5000—6000 фут. въ глубину. Можно было бы указать болѣе широкія и длинныя долины и назвать даже нѣсколько болѣе глубокихъ, но въ Большомъ Каньонѣ соединяется вмѣстѣ все, что мы находимъ въ другихъ мѣстахъ разрозненнымъ, а потому во всемъ свѣтѣ онъ занимаетъ исключительное мѣсто.

„Отъ конца выступа „Point sublime“ до ближайшей точки противуположнаго берега—около 7 англійскихъ миль; но такъ какъ края каньона на всемъ протяженіи

Т-во „Просвѣщеніе“.

ПОВЕРХНОСТЬ ПЛАТО БЛИЗЪ БОЛЬШАГО КАНЬОНА.

(По Ивесу.)

изрѣзаны глубокими и обширными ущельями, то въ общемъ ширина его значительно больше. На далекомъ разстояніи вокругъ, по крайней мѣрѣ на 50 миль въ длину и 12 миль въ ширину, виднѣется прорытая водою пропасть, столь огромная и величественная и столь разнообразная въ своихъ подробностяхъ, что озирающій ее путешественникъ долго не можетъ разобраться въ массѣ ощущеній; овладѣвая ими постепенно, онъ глубоко поражается величіемъ природы и чувствуетъ себя обновленнымъ свѣжестью невѣдомыхъ до тѣхъ поръ впечатлѣній. Но, безъ сомнѣнія, самымъ величественнымъ среди всего окружающаго является противуположный берегъ каньона. Трудно даже представить себѣ эту огромную скалистую стѣну, разстилающуюся въ 7 миляхъ впереди и достигающую 1 мили въ высоту. Она тянется безъ конца въ обѣ стороны, и человѣкъ чувствуетъ себя подавленнымъ. Если бы это былъ гладкій, вертикально падающій обрывъ, глазъ нашелъ бы успокоеніе въ однообразной формѣ его, но тутъ всюду встрѣчаешь что-нибудь новое, неожиданное. Берегъ изрѣзанъ глубокими ущельями; между ними виднѣются выступы, сообщающіе стѣнамъ прихотливую пестроту формы. Только въ противоположной части каньона взоръ достигаетъ ихъ крайней границы, но перспективное сокращеніе такъ поразительно, что составить понятіе объ истинныхъ размѣрахъ невозможно. Отдѣлившіяся отъ берега скалы тѣснятся у истоковъ и, не смотря на свою громадную величину, кажутся ничтожными въ сравненіи съ противулежащею стѣною (см. рис. 294). Но зато тѣ каменные столбы, которые выдвигаются прямо передъ путешественникомъ у того же берега, гдѣ онъ стоитъ, производятъ величественное впечатлѣніе; красота ихъ формъ, прихотливая изрѣзанность очертаній и огромные размѣры не поддаются никакому описанію".

Стѣны каньона падаютъ не вдругъ; только нѣкоторые длинные выступы сразу спускаются на глубину 1500—1800 метровъ. Обыкновенно же отвѣсный обрывъ достигаетъ только 600—900 метр.; здѣсь располагается неровная, но сравнительно съ крутизною стѣнъ плоская терраса; далѣе зіяетъ болѣе узкое внутреннее ущелье. Каждая такая терраса представляетъ какъ-бы остановку въ развитіи каньона, которая, впрочемъ, восполняется затѣмъ образованіемъ еще болѣе глубокихъ тѣснинъ.

Своеобразныя особенности разсматриваемой долины должны быть приписаны дѣйствію многоводной рѣки, которая вытекала изъ влажной, дождливой мѣстности и, пролагая путь по сухой и однородной равнинѣ, несла въ своихъ водахъ обильныя количества галекъ и песку. Такія климатическія условія наблюдаются въ настоящую минуту, но они должны были оставаться неизмѣнными въ теченіе всего времени образованія каньона: иначе-бы съ обѣихъ сторонъ образовалось множество боковыхъ долинъ, открывающихся въ главную. На самомъ же дѣлѣ можно указать не болѣе двухъ или трехъ такихъ развѣтвленій, достигающихъ сколько-нибудь значительной величины. Отсюда необходимо допустить, что во все время развитія каньона сохранялись тѣ же климатическія условія, какія наблюдаются въ настоящее время. Впрочемъ, эта однообразная исторія долины была нарушена непродолжительнымъ періодомъ болѣе обильнаго выпаденія осадковъ. Какъ показалъ Дуттонъ, образованіе каньона началось въ концѣ третичнаго періода, въ пліоценовую эпоху, когда въ разсматриваемой мѣстности господствовалъ тотъ же климатъ, что и въ наше время; но вслѣдъ за пліоценовой эпохой наступила ледниковая; правда, въ область Колорадо не заходили глетчеры, но климатъ во всякомъ случаѣ долженъ былъ измѣниться, сдѣлаться болѣе холоднымъ и болѣе влажнымъ, чѣмъ былъ прежде. Впро-

Рис. 294. Внутренность Большого Каньона р. Колорадо въ Сѣв. Америкѣ. (По Ивесу.)

чемъ, послѣдствія этого измѣненія весьма незначительны и выражаются образованіемъ нѣсколькихъ боковыхъ каньоновъ, которые начинаются высоко на склонахъ и, повидимому, только въ теченіе непродолжительнаго времени были заполнены водою.

Мы не будемъ подробнѣе входить въ описаніе каньоновъ, представляющихъ интересъ во многихъ отношеніяхъ. Они являются крайнимъ примѣромъ размыванія, производимаго мощнымъ потокомъ въ возвышенной и сухой равнинѣ. Но особенно любопытны и поучительны каньоны въ томъ отношеніи, что они показываютъ, какъ вообще велики геологическіе промежутки времени. Приблизительно съ начала пліоценоваго періода рѣка промыла въ чрезвычайно твердыхъ породахъ долину, достигающую въ среднемъ 12 англ. миль въ ширину, 200 англ. миль въ длину и 2,000 метровъ въ глубину. Если бы размываніе было сосредоточено на одномъ мѣстѣ, другими словами—если бы рѣка прорыла себѣ узкое ложе той-же глубины, то и въ такомъ случаѣ произведенная работа была-бы чрезвычайно велика. Для образованія же широкаго каньона въ твердыхъ породахъ необходимо еще болѣе значительное время. Съ большимъ вѣроятіемъ можно допустить, что исторія этой долины охватываетъ нѣсколько милліоновъ лѣтъ, Это огромное число лѣтъ протекло только съ начала пліоценоваго періода и съ геологической точки зрѣнія составляетъ столь незначительный промежутокъ времени, что въ теченіе его произошли лишь самыя слабыя измѣненія морскихъ моллюсковъ, распространяющіяся не болѣе, какъ на половину видовъ. Цыфра казалась слишкомъ огромной, а потому было предположено, что прежде въ области Колорадо господствовалъ чрезвычайно влажный климатъ и рѣка несла такія огромныя массы воды, что размываніе происходило очень быстро. Но эта гипотеза не имѣетъ ни малѣйшихъ правъ на существованіе: наблюденія Дуттона надъ боковыми долинами, развитыми весьма слабо, рѣшительнымъ образомъ опровергаютъ ее.

Каньоны представляютъ предѣльный случай размывающей дѣятельности воды. Менѣе значительныя промоины носятъ названіе *овраговъ* и представляютъ первую стадію въ образованіи рѣчныхъ долинъ. Овраги появляются въ низменностяхъ, состоящихъ изъ рыхлыхъ породъ и питающихся водою лишь періодически. Эти рытвины размытія, съ теченіемъ времени преобразовывающіяся иногда въ настоящія долины, представляютъ тѣмъ большій интересъ, что Россія даетъ богатый матеріалъ для ихъ изученія. Еще въ сороковыхъ годахъ нынѣшняго столѣтія Мурчисонъ во время своей поѣздки по Европейской Россіи обратилъ вниманіе, что нигдѣ овраги не образуются такъ быстро и въ такомъ огромномъ количествѣ, какъ у насъ. Площадь, охваченная растущими оврагами, занимаетъ Курскую, Орловскую, Рязанскую, Тамбовскую, Воронежскую, Симбирскую, Саратовскую, Пензенскую, Нижегородскую, Харьковскую, Черниговскую, Полтавскую, Волынскую, Подольскую, Кіевскую, Бессарабскую, Херсонскую, Екатеринославскую губерніи, а также Землю Войска Донского. Вся эта область обладаетъ чрезвычайно благопріятными условіями для образованія и развитія овраговъ. Почва здѣсь большею частью состоитъ изъ чернозема, который налегаетъ на пласты песчанистой глины съ примѣсью углекислой извести; эта глина, называемая у насъ бѣлоглазкой, на западѣ лессомъ, легко размывается водою. Весною, когда начинаютъ таять огромныя массы снѣга, маленькіе ручейки превращаются въ бурные потоки; вода стремится въ низины и, встрѣчая образовавшіяся лѣтомъ въ черноземѣ трещины или пахотныя борозды, или иногда — дорожную колею, направляется по нимъ и размываетъ рыхлую землю. Волнистый рельефъ южной Россіи и климатическія условія нашей страны,—знойное лѣто, холодная зима, большія половодья весной, неправильные ливни лѣтомъ, — все это благопріятствуетъ развитію овраговъ, которые растутъ здѣсь съ чрезвычайною быстротою. Въ черноземной полосѣ почти ежегодно приходится переносить дороги, вслѣдствіе увеличенія овраговъ, быстро удлиняющихъ свои верховья. Овраги скоро могутъ достигнуть размѣровъ небольшихъ рѣчныхъ долинъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ они спускаются до 60 метровъ въ глубину и больше.

Въ послѣднее время производятся тщательныя наблюденія надъ ростомъ овраговъ въ южной Россіи. Приведемъ для примѣра два оврага, появившіеся недалеко отъ Харькова около линіи Харьково-Николаевской ж. д., вслѣдствіе выборки земли подъ насыпь на

краю уже заросшей балки. Черезъ 18 лѣтъ оврагъ, впадающій въ балку съ правой стороны, имѣлъ въ длину уже 400 ф., при глубинѣ до 50 ф. Такимъ образомъ за все это время было вымыто 270.000 куб. ф. земли, что составляетъ въ годъ около 42 куб. саженъ. Другой оврагъ, лежащій напротивъ перваго, достигъ въ это же время 770 ф. длины при глубинѣ отъ 11—17 ф. и ширинѣ 16—29 ф.; земли было вымыто 645.000 куб. ф., т. е. ежегодно вымывалось около 108 куб. саж.

Одновременно съ углубленіемъ и разростаніемъ оврага русло его заполняется рыхлыми продуктами разрушенія (овражный аллювій), а отвѣсныя стѣны, вслѣдствіе осыпанія, постепенно закругляются, становятся устойчивѣе и одѣваются растительностью. Такіе преобразованные овраги съ пологими склонами и съ широкимъ, выровненнымъ дномъ достигаютъ иногда значительной длины и носятъ уже названіе *балокъ* или же суходоловъ, въ случаѣ если они не достигаютъ водоносныхъ слоевъ. Такимъ образомъ балка обладаетъ болѣе древнимъ происхожденіемъ и представляетъ слѣдующую стадію развитія оврага. Можно допустить, что дальнѣйшая исторія этихъ рытвинъ размытія можетъ при благопріятныхъ условіяхъ вести къ превращенію ихъ въ настоящія рѣки. Для этого необходимо, чтобы количество и распредѣленіе воды въ балкѣ было достаточно для поддержанія постояннаго потока. Но условій, благопріятныхъ для превращенія балки въ рѣку, можетъ и не быть на-лицо; въ такомъ случаѣ ея дальнѣйшее развитіе какъ бы останавливается, замираетъ. Прекрасно развитыя, но тѣмъ не менѣе сухія большую часть года балки южно-русскихъ степей могутъ служить примѣрами.

Овраги, представляющіе у насъ цѣлую сѣть прихотливо развѣтвляющихся рытвинъ и съ невообразимою скоростью завоевывающіе все новыя пространства, съ каждымъ годомъ похищаютъ плодородный черноземъ и уменьшаютъ участки воздѣлываемой земли. Такъ, напримѣръ, въ четырехъ уѣздахъ Воронежской губерніи, Задонскомъ, Нижнедѣвицкомъ, Коротоякскомъ и Богучарскомъ, за послѣднія 25 лѣтъ въ чертѣ крестьянскихъ владѣній перешло изъ разряда удобныхъ земель въ разрядъ неудобныхъ 49.635 десятинъ, т. е. площадь неудобныхъ земель въ одномъ крестьянскомъ надѣлѣ увеличилась на 71%. Такое огромное разростаніе овраговъ вызывается въ значительной степени вырубкой и истребленіемъ лѣсовъ, а также распахиваніемъ склоновъ. При столь значительной быстротѣ роста овраги являются истиннымъ бичомъ земледѣлія; съ другой стороны, увеличивая поверхность страны, уменьшаютъ ея орошеніе, такъ какъ влага, выпадающая на землю, быстро стекаетъ въ низины; кромѣ того зимою въ оврагахъ набивается снѣгъ, что значительно уменьшаетъ снѣжный покровъ и количество влаги, питающей пахотную землю. Все это заставляетъ думать о мѣрахъ противъ разростанія овраговъ, которые грозятъ превратить всю южную Россію въ безплодную пустыню. Поэтому нельзя не привѣтствовать начинанія земствъ и Министерства Земледѣлія, которыя предпринимаютъ въ настоящее время дѣятельную борьбу съ этимъ зломъ.

Овраги не представляютъ особаго явленія, исключительно свойственнаго Европейской Россіи. Значительнаго развитія достигаютъ они въ Туркестанѣ (въ бассейнѣ Ангрена около г. Чимкента), въ Ферганѣ (въ бассейнѣ Келеса), въ окрестностяхъ Байсуна въ Бухарѣ, въ нѣкоторыхъ штатахъ Сѣверной Америки, напр., въ Георгіи, Иллинойсѣ, Іовѣ и Алабамѣ, гдѣ они были описаны Ляйэллемъ, въ нѣкоторыхъ частяхъ Испаніи и въ другихъ мѣстахъ. Классическимъ примѣромъ размыванія и образованія овраговъ считаются окрестности Поруллены въ Испаніи (къ сѣверо-западу отъ Сьерры-Невады).

Перев.

Любопытныя особенности размыванія наблюдаются въ тѣхъ странахъ, гдѣ на поверхности древнихъ породъ съ сложнымъ и разнообразнымъ строеніемъ залегаетъ горизонтальный покровъ трансгрессированныхъ отложеній. Долины размытія такой мѣстности, расположенныя достаточно высоко надъ уровнемъ моря, постепенно углубляются и достигаютъ породы, образующей основаніе или фундаментъ осадочныхъ пластовъ. Разъ образовавшіяся рѣки остаются на своихъ мѣстахъ и начинаютъ постепенно дѣйствовать на породу, образующую ихъ дно. Такимъ образомъ система долинъ размытія, образовавшаяся первоначально въ горизонтальныхъ пластахъ, распространяется на складчатую или вообще обладающую сложнымъ строеніемъ породу. Создается сѣть рѣки, которая въ своихъ главныхъ чертахъ не зависитъ отъ геологическаго строенія мѣстности и не обнаруживаетъ наклонности къ сколько-нибудь значительнымъ дальнѣйшимъ измѣненіямъ.

Если размываніе дѣйствуетъ въ теченіе долгаго времени, то пласты новѣйшихъ отложеній сносятся совершенно или же сохраняются въ видѣ незначительныхъ остатковъ. Подстилающія ихъ породы образуютъ рельефъ страны: болѣе твердыя ихъ части

выступаютъ въ видѣ горныхъ массивовъ, болѣе рыхлыя составляютъ низменности, круто падающіе слои становятся гребнями. Система рѣкъ, орошающихъ такую мѣстность, также не обнаруживаетъ никакой связи съ геологическимъ строеніемъ ея. Маленькія рѣчки прорѣзываютъ здѣсь въ твердыхъ породахъ глубокіе каньоны, въ то время какъ вблизи выступаютъ легче разрушающіяся рыхлыя породы и видимо болѣе удобныя для образованія долины, но почему-то обойденные потоки. Многіе загадочные случаи образованія долинъ, которые разсматривались прежде, какъ „долины трещинъ", находятъ, въ виду сказаннаго выше, весьма простое объясненіе. Этотъ видъ долинъ, извѣстныхъ подъ названіемъ *эпигенетическихъ*, повторяется и въ складчатыхъ горахъ, и соотвѣтствующіе примѣры такихъ образованій будутъ приведены нами ниже.

Въ плоскихъ равнинахъ мы наблюдаемъ обыкновенно „пластическія" долины, обязанныя своимъ происхожденіемъ исключительно размыванію; однако, и здѣсь уже извѣстно немало примѣровъ, обнаруживающихъ вліяніе геологическаго строенія, т.-е. „тектоническія" особенности равнины обусловливаютъ часто направленіе и форму рытвинъ размытія. Тамъ, гдѣ порода прорѣзана вертикальными трещинами, какъ, напр., въ Саксонской Швейцаріи, образуются, обыкновенно узкія долины, ограниченныя отвѣсными стѣнами; крѣпость породъ, образующихъ данную мѣстность, вліяетъ на наклонъ береговъ и на образованіе уступовъ или террассъ. Но особенно назидательны въ этомъ отношеніи тектоническія котловины и, главнымъ образомъ, сбросовыя впадины (ср. стран. 343).

Въ то время, когда выступилъ вопросъ объ относительной распространенности долинъ, образовавшихся на мѣстѣ трещинъ и долинъ, всецѣло обязанныхъ размыванію, видное мѣсто въ ряду доводовъ занимала долина Іордана съ Мертвымъ моремъ; она считалась характернымъ примѣромъ долины, проложенной на мѣстѣ дислокаціонной трещины. Однако, такое объясненіе нельзя считать вполнѣ правильнымъ: справедливо только, что эта долина обязана своимъ возникновеніемъ не размывающему дѣйствію воды, а дислокаціи, приведшей къ образованію большой восточно-африканской сбросовой впадины, о которой мы говорили уже выше. Такимъ образомъ главная роль въ созданіи долины принадлежитъ въ этомъ случаѣ тектоническому процессу, размываніе же имѣетъ второстепенное значеніе. Долины, происшедшія на мѣстѣ сбросовыхъ впадинъ, наблюдаются и во многихъ другихъ мѣстностяхъ. Такова, напр., долина рѣки Лейны у Геттингена, отличающаяся отъ впадины рѣки Іордана только тѣмъ, что воды имѣютъ стокъ къ Сѣверному или Нѣмецкому морю, между тѣмъ какъ Мертвое море является замкнутымъ внутреннимъ озеромъ. Другой примѣръ представляетъ верхняя часть долины р. Рейна, соотвѣтствующая сбросовой впадинѣ между Шварцвальдомъ и Вогезами. Въ этомъ случаѣ тектоническая впадина опредѣлила направленіе мощнаго потока водъ, собирающихся съ сосѣднихъ богатыхъ атмосферными осадками горъ.

Если сбросовая впадина располагается въ мѣстности, гдѣ выпадаетъ сравнительно мало дождей, то она становится ложемъ рѣки, которая часто не соотвѣтствуетъ размѣрамъ долины. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ сбросовой впадинѣ возникаютъ вторичные водораздѣлы, обязанные своимъ происхожденіемъ или накопленію вулканическихъ изверженныхъ продуктовъ, или же мощнымъ осадкамъ, которые отложились въ періодъ болѣе значительнаго выпаденія дождей. Это ведетъ къ образованію ряда замкнутыхъ, обыкновенно соленыхъ озеръ, которыя заполняютъ наиболѣе глубокія мѣста впадины и питаются немногочисленными и слабыми притоками. Та-

кой примѣръ и наблюдается въ восточно-африканской сбросовой впадинѣ. Но еще болѣе любопытныя особенности представляетъ впадина центральной Африки, въ которой мы находимъ рядъ значительныхъ озеръ, изливающихъ свои воды въ трехъ различныхъ направленіяхъ: озеро Ніасса питаетъ рѣку Шире, впадающую въ Замбези, который несетъ свои воды въ Индѣйскій океанъ; Танганайка черезъ посредство р. Конго изливается въ Атлантическій океанъ; наконецъ, озера Альберта и Альберта-Эдварда питаютъ рѣку Нилъ, впадающую въ Средиземное море.

Образованіе долинъ въ складчатыхъ горахъ.

Расположеніе долинъ въ складчатыхъ горахъ зависитъ отъ геологическаго строенія въ большей степени, чѣмъ въ равнинахъ. Здѣсь сопротивленіе горныхъ породъ въ разныхъ направленіяхъ неодинаково, и чередованіе разнородныхъ то болѣе, то менѣе твердыхъ пластовъ вызываетъ цѣлый рядъ уклоненій въ формахъ и направленіяхъ долинъ. Само собою разумѣется, что всѣ эти условія существуютъ и въ случаѣ горизонтальнаго расположенія пластовъ, но вліяніе ихъ несравненно значительнѣе въ гористыхъ мѣстностяхъ съ сильнымъ нарушеніемъ напластованія; здѣсь они вызываютъ чрезвычайно важныя особенности въ строеніи разнаго рода долинъ. Направленіе водныхъ потоковъ опредѣляется прежде всего наибольшимъ наклономъ почвы; поэтому въ гористой мѣстности они должны пролагать свой путь отъ гребня складчатой цѣпи къ подножію (отъ центра къ наружному краю), т.-е. въ направленіи перпендикулярномъ къ главному простиранію хребта: здѣсь склоны обладаютъ наиболѣе крутымъ паденіемъ, потокъ пріобрѣтаетъ наибольшую силу и легче прорѣзываетъ себѣ ложе. Такъ какъ въ большинствѣ горныхъ цѣпей пласты простираются параллельно гребню, то долины разсматриваемаго типа обыкновенно идутъ въ направленіи, приблизительно, перпендикулярномъ къ простиранію горныхъ породъ; отсюда онѣ называются *поперечными долинами.*

Но рѣки не всегда слѣдуютъ указанному пути; направляясь, согласно естественному наклону почвы, онѣ встрѣчаютъ горныя породы въ томъ положеніи, въ которомъ онѣ обнаруживаютъ наибольшую сопротивляемость и труднѣе поддаются размыванію. Наоборотъ, по простиранію пластовъ рѣка легче можетъ проявить свою разрушительную дѣятельность: размываніе быстро проникаетъ между отдѣльными слоями, и если въ ряду твердыхъ породъ имѣется слой относительно меньшей сопротивляемости, то онъ и опредѣляетъ направленіе рытвинъ размытія. Въ дѣйствительности мы находимъ немало водныхъ потоковъ, которые распространяются въ продольномъ направленіи, т.-е. по простиранію пластовъ. Долины такихъ рѣкъ называются *продольными.*

Можно привести цѣлый рядъ примѣровъ того и другого типа долинъ. Такъ въ Альпахъ: Циллеръ, Эцъ, Рейсса (выше Фирвальштетскаго озера) Эйзакъ, Эчь (ниже Боцена) и Пьява представляютъ характерныя поперечныя долины; наоборотъ Пустерталь, долина Гайля, Зальцахъ (Пинцгау) Инна (между Ландекомъ и Верглемъ) и др. могутъ служить прекрасными примѣрами продольныхъ долинъ. Нѣкоторыя долины носятъ смѣшанный характеръ. Такъ, напр., р. Зальцахъ, берущая начало въ Кримльскомъ Тауэрнѣ течетъ сначала на сѣверъ по поперечной долинѣ, нѣсколько ниже Кримля круто поварачиваетъ и течетъ на востокъ по продольной долинѣ Пинцгау; далѣе у св. Іоанна она опять изгибается на сѣверъ и вступаетъ въ поперечную долину Понгау; это направленіе рѣка сохраняетъ

и при выходѣ изъ Альпъ у Зальцбурга. Подобный же смѣшанный типъ долины встрѣчаемъ мы у Рейна, Инна, у Адды, Эча и у многихъ другихъ рѣкъ.

Гораздо рѣже наблюдаются такъ называемыя *діагональныя* долины, направленныя подъ угломъ къ простиранію пластовъ; такое направленіе не представляетъ видимо никакихъ удобствъ, не усиливаетъ уклона рѣки и не облегчаетъ размыванія породы. Очень часто при взглядѣ на карту можно подозрѣвать существованіе такой долины; но при ближайшемъ ознакомленіи съ мѣстностью оказывается, что въ данномъ случаѣ рѣка очень часто и на короткихъ разстояніяхъ мѣняетъ свое направленіе и протекаетъ, то по продольной, то по поперечной долинѣ. Дѣленіе долинъ на указанные два типа невозможно въ странахъ, образованныхъ горизонтально расположенными пластами, а также и въ тѣхъ гористыхъ мѣстностяхъ, гдѣ простираніе слоевъ не совпадаетъ съ направленіемъ гребня, а пересѣкаетъ его подъ острымъ или даже подъ прямымъ угломъ, какъ это мы и видимъ въ большей части горъ, расположенныхъ на западномъ берегу Греческаго Архипелага. Если пласты простираются перпендикулярно къ продольному направленію хребта, то всѣ долины будутъ пересѣкать гребень подъ прямымъ угломъ; относительно всей цѣпи онѣ будутъ поперечными, относительно же простиранія слоевъ — продольными.

Въ большинствѣ продольныхъ долинъ вліяніе геологическаго строенія на направленія рѣкъ выступаетъ съ полною очевидностью. Иногда ложе рѣки опредѣляется направленіемъ складокъ, какъ это мы и наблюдаемъ въ Швейцаріи и восточной Франціи въ складчатыхъ цѣпяхъ Юры. Большинство рѣкъ слѣдуетъ направленію кряжей, образованныхъ складками, и долины ихъ соотвѣтствуютъ наиболѣе глубокимъ частямъ синклиналей. Впрочемъ въ отдѣльныхъ случаяхъ продольныя долины врѣзываются и въ сѣдла антиклинальныхъ складокъ: примѣръ такого явленія представленъ на рис. 295.

Въ Альпахъ „синклинальныя" долины встрѣчаются рѣже, чѣмъ въ Юрѣ; широко распространены здѣсь продольныя долины, прорѣзывающія свиты изоклинальныхъ, т.-е. одинаково поставленныхъ пластовъ, при чемъ менѣе упорные слои предпочтительно выбираются рѣкою для образованія ложа. Такъ, напр., долина р. Инна между Ландеккомъ и Швацомъ слѣдуетъ вдоль границы известняковъ и легко вывѣтривающихся сѣрыхъ ваккъ и кристаллическихъ сланцевъ; такое-же направленіе имѣетъ на южной сторонѣ долина р. Дравы. Явленіе это въ большихъ или меньшихъ размѣрахъ повторяется во всѣхъ складчатыхъ горахъ; продольныя долины соотвѣтствуютъ обыкновенно простиранію легко разрушающихся породъ; отъ мощности послѣднихъ зависитъ, превратятся ли онѣ въ главныя долины, или будутъ имѣть второстепенное значеніе.

Сбросы также оказываютъ вліяніе на направленіе долинъ. Такъ, напр., продольныя долины нерѣдко образуются между двумя такъ называемыми „чешуями" (стр. 347) и еще чаще по направленію продольныхъ сбросовъ. Значительныя долины послѣдняго рода мы наблюдаемъ не только въ новѣйшихъ складчатыхъ цѣпяхъ, но и въ древнихъ сбросовыхъ горахъ. Сдвиги благопріятствуютъ образованію поперечныхъ долинъ; сбросовыя впадины также играютъ въ этомъ отношеніи извѣстную роль.

На ряду съ этими многочисленными случаями „тектоническихъ долинъ" въ областяхъ съ сильно нарушеннымъ напластованіемъ наблюдаются долины, обязанныя своимъ происхожденіемъ исключительно размыванію—„пластическія долины". Не слѣдуетъ упускать изъ виду, что первоначальная зависимость между направленіемъ рѣкъ

и геологическимъ строеніемъ тѣмъ болѣе затемняется, чѣмъ древнѣе горы и чѣмъ дольше онѣ подлежатъ разрушительнымъ процессамъ. Долины все болѣе углубляются и достигаютъ, наконецъ, пластовъ, которые существенно отличаются по своимъ свойствамъ отъ тѣхъ, въ которыхъ первоначально пролагала рѣка свой путь. Долина, образовавшаяся вдоль наклонной трещины, по мѣрѣ углубленія, все болѣе удаляется отъ этой плоскости, и, наконецъ, между нею и сбросомъ можно отмѣтить только самую отдаленную связь. Такимъ образомъ, благодаря продолжительному размыванію, происходятъ различныя уклоненія въ формѣ долинъ; въ самое послѣднее время изслѣдованіемъ этихъ сложныхъ и запутанныхъ случаевъ занимался Рихтгофенъ. Мы остановимся на одномъ изъ разсмотрѣнныхъ имъ примѣровъ.

Углубленіе долины въ болѣе или менѣе вертикальномъ направленіи продолжается до тѣхъ поръ, пока крѣпость размываемыхъ породъ остается приблизительно одинаковой. Но если долина достигаетъ, наконецъ, чрезвычайно твердыхъ и наклоненныхъ пластовъ, то ея дно начинаетъ какъ бы скользить по поверхности этихъ породъ; развиваясь соотвѣтственно паденію твердыхъ пластовъ, долина все болѣе и болѣе перемѣщается въ сторону (см. рис. 296 фиг. 1). Предположимъ, что рѣка (обозначенная на рис. 1 буквами a, b, c, d) протекаетъ на границѣ между твердою и относительно рыхлою породою (такое явленіе вообще наблюдается довольно часто); допустимъ что вслѣдствіе той или другой причины, напр., — присутствія трещинъ, эта рѣка отклонилась на протяженіи bc въ сторону болѣе твердой породы. По мѣрѣ углубленія ложа отрѣзки ab и cd будутъ скользить по плоскости напластованія, т.-е. передвинутся вправо. Вслѣдствіе этого часть потока, пролагающая свой путь въ пластахъ h, будетъ все болѣе удаляться отъ границы между рыхлыми и твердыми пластами и, такъ сказать, все глубже внѣдряться въ область послѣднихъ: отрѣзки-же bb′ и cc′ будутъ постепенно удлиняться. Такое явленіе Рихтгофенъ наблюдалъ въ широкихъ размѣрахъ въ юго-восточномъ Китаѣ. Порода h образуетъ здѣсь скалистыя горы, а легко вывѣтривающіеся пласты b представляютъ какъ бы предопредѣленный самою природою путь рѣки. Но вслѣдствіе указанныхъ условій потокъ уклоняется отъ этого удобнаго для образованія долины направленія и промываетъ въ крѣпкой породѣ дикое и порожистое ущелье.

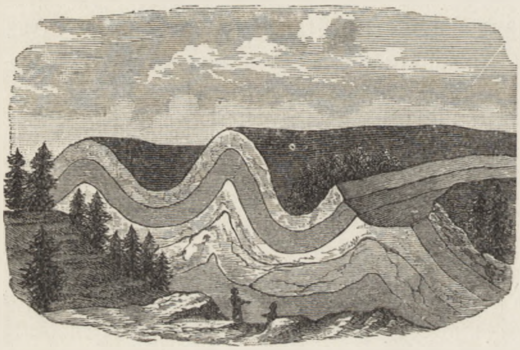


Рис. 295. Образованіе долинъ въ Юрской цѣпи.

Разсмотрѣнный случай приводитъ насъ къ замѣчательной во многихъ отношеніяхъ группѣ „долинъ прорыва“, объясненіемъ которыхъ занимались многіе геологи и географы. Примѣры такихъ прорывовъ мы находимъ во многихъ горныхъ цѣпяхъ: такъ, напр., въ Карпатахъ Попрадъ беретъ начало на южной сторонѣ Высокихъ Татръ и, отдѣляясь отъ Ваага низкимъ водораздѣломъ, течетъ по довольно плоской долинѣ; обогнувъ восточный край Татръ, онъ поворачиваетъ на сѣверъ и прорѣзываетъ Карпатскія цѣпи, образуя здѣсь чрезвычайно сложную и извилистую долину. Алюта пробивается черезъ Трансильванскія Альпы, достигающія 2,000 м. въ высоту, хотя истоки этой рѣки располагаются только на 1,000 м. выше. Точно также и Искеръ

въ Болгаріи прорываетъ Балканскія горы, образуя систему глубокихъ ущелій. Рѣка Пеней или Саламврія въ Θессаліи протекаетъ по живописному Темпейскому ущелью между огромными горами Оссой и Олимпомъ, между тѣмъ какъ по направленію къ заливу Воло она бы встрѣтила меньше сопротивленія и должна была бы прорѣзать сравнительно меньшія возвышенности. Въ Персіи можно указать цѣлый рядъ рѣкъ, которыя прорѣзываютъ глубокими долинами мощныя цѣпи Эльбурса. Индѣйскія рѣки: Индъ, Сетледжъ и Брамапутра берутъ начало между Гималаями и Каракорумомъ и, прорывая высочайшія горы земли, образуютъ поперечныя долины, подобныхъ которымъ по величію и глубинѣ нѣтъ во всемъ мірѣ. Въ Сѣверной Америкѣ Аллеганскія горы прорѣзываются долинами рѣкъ Делаваре, Потомака и Сусквеганны, горы Сіерра-Невада и Каскадныя — долинами Сокраменто и Калумбіи. Цѣлый рядъ любопытныхъ подробностей представляетъ теченіе Дуная: онъ беретъ начало на склонахъ Шварцвальда, на высотѣ 800 м. и прорываетъ швабское плато юрскихъ породъ, поднимающееся на 1,000 м.; далѣе онъ пролагаетъ свой путь въ твердомъ гранитѣ и направляется въ тѣснины грейнскаго водоворота, гдѣ течетъ между возвышенностями до 500 м. Любопытно, что недалеко отсюда располагается въ глинистыхъ образованіяхъ третичнаго періода Амштеттенская впадина, которой воспользовались для проведенія желѣзнодорожнаго пути между Эннсомъ и Иббсомъ, такъ какъ здѣсь поѣздамъ приходится подниматься лишь на 390м. У Пёхлярна Дунай опять вступаетъ въ узкое ущелье Вахау, прорѣзывая горы до 700 м. высотою, хотя болѣе удобный путь проходитъ мимо С.-Пёльтена, гдѣ рѣкѣ пришлось бы прорѣзать высоты лишь въ 290 м. Въ Венгріи рѣка направляется между Матрой и Гранскими горами, достигающими 700 м. въ высоту, между тѣмъ какъ, направившись между Рабомъ и Канижей, она должна была бы прорѣзать высоты только въ 250 м. Наконецъ, Дунай поворачиваетъ въ узкія ворота, направленныя черезъ Банатскія горы, и минуетъ болѣе удобный для него путь, т.-е. Темешскую долину. Можно было бы привести еще цѣлый рядъ другихъ примѣровъ, но сказаннаго уже достаточно, чтобы показать, что прорывы высокихъ горъ представляютъ далеко нерѣдкое явленіе.

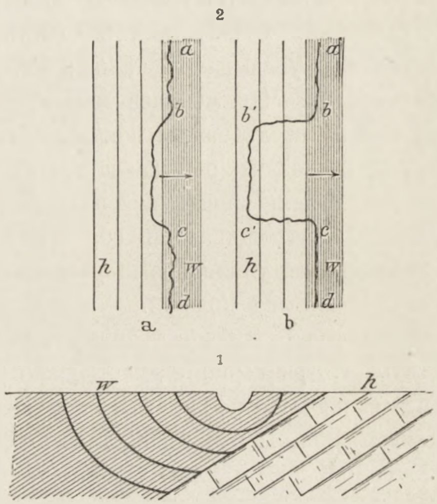


Рис. 296. Отклоненіе русла рѣки 1) вслѣдствіе неодинаковой крѣпости размываемыхъ слоевъ и 2) при встрѣчѣ съ болѣе твердой породой. w — мягкія и h — твердыя породы. (По Рихтгофену.)

Для объясненія такихъ своеобразныхъ долинъ можно было бы допустить, что воды ихъ скоплялись въ видѣ озеръ до тѣхъ поръ, пока вытекающія отсюда рѣки не прорыли глубокихъ рытвинъ. Но въ такомъ случаѣ послѣднія должны были прорѣзывать пониженныя части горъ, чего на самомъ дѣлѣ не наблюдается: Попрадъ долженъ былъ бы направиться по долинѣ Ваага, Алюта—по долинѣ Мароша, Искеръ долженъ былъ-бы изливаться въ Марицу, а устье Пенея должно было-бы лежать у залива Воло, наконецъ, Дунай миновалъ-бы „Желѣзныя ворота“ и направился бы мимо Вейсскирхена въ Моравіи къ Одеру. Въ виду сказаннаго нельзя удивляться, что въ 20-хъ и 30-хъ годахъ нынѣшняго столѣтія теорія постепеннаго образованія

долинъ путемъ размытія была оставлена; происхожденіе описанныхъ выше прорывовъ, да и вообще поперечныхъ долинъ приписывалось большимъ сбросамъ, которые сопровождали образованіе горъ. Это ученіе долго царило въ геологіи, и только благодаря трудамъ Ляйэлля и Гоффа, ему былъ нанесенъ первый ударъ, и подготовилась почва для развитія правильнаго пониманія явленій. О значеніи сбросовыхъ трещинъ и сбросовыхъ впадинъ для образованія долинъ мы уже говорили выше. Но прежняя теорія не имѣетъ ничего общаго съ современными взглядами и предполагаетъ существованіе широкихъ открытыхъ трещинъ, по которымъ и текли на извѣстномъ протяженіи водяные потоки. Нетрудно доказать, что тѣ поперечныя долины, которыя своею глубиною, незначительнымъ протяженіемъ въ ширину и крутымъ паденіемъ стѣнъ напоминаютъ трещины, на самомъ дѣлѣ не имѣютъ ничего общаго съ сбросами и сдвигами. Стѣны такихъ долинъ часто покрыты сверху до-низу исполиновыми котлами и указываютъ такимъ образомъ на несомнѣнное ихъ происхожденіе путемъ размыванія. Что же касается глубокихъ „долинъ разрыва“ въ складчатыхъ горахъ, то точныя изслѣдованія показали, что обѣ стороны ихъ вполнѣ соотвѣтствуютъ другъ другу, и породы, обнажающіяся на одномъ берегу, непосредственно продолжаются на другомъ, не испытывая никакихъ перемѣщеній. Въ виду этого теорія, сводившая долины къ трещинамъ и сбросамъ, должна была пасть, и взамѣнъ ея въ разныхъ странахъ выступили новыя ученія, способствовавшія правильному объясненію этихъ замѣчательныхъ явленій.

Когда рушилась теорія мгновеннаго образованія горъ, естественно было допустить, что размываніе дѣйствовало уже въ самомъ началѣ выдвиганія тѣхъ или другихъ складчатыхъ цѣпей. Это допущеніе служило основаніемъ новой теоріи: рѣчныя долины могутъ быть при извѣстныхъ условіяхъ древнѣе тѣхъ горъ, которыя онѣ прорѣзываютъ; онѣ представляютъ результатъ борьбы, длившейся цѣлые милліоны лѣтъ: размывающіе процессы стремились сохранить неизмѣннымъ ложе рѣки и сокрушить всѣ препятствія, которыя она встрѣчала на своемъ пути; наоборотъ, горообразующія силы стремились направить водные потоки по извѣстнымъ тектоническимъ линіямъ. Если въ долинѣ мощной и многоводной рѣки медленно поднимались горы, то она постепенно размывала и разрушала заграждавшія ей путь массы. Кругомъ выдвигались высокія горы, а ложе рѣки оставалось приблизительно на прежнемъ уровнѣ, и глубокая долина ея прорѣзывала новообразовавшіяся цѣпи. Наоборотъ, слабые потоки не могли противустоять дѣйствію горообразующихъ силъ: въ однихъ случаяхъ они измѣнили свое направленіе согласно тектоническимъ условіямъ мѣстности, въ другихъ случаяхъ превратились въ озера. Такимъ образомъ при образованіи цѣлыхъ горныхъ хребтовъ, рѣки, протекавшія въ тѣхъ мѣстахъ, могли углублять свое ложе по мѣрѣ роста горъ и сохранить свой прежній уровень неизмѣннымъ.

Такъ, напр., найдено что долины Гималаевъ въ третичный періодъ были таковы же, какъ теперь, и что рѣки, прорѣзывающія нынѣ у подножія горъ третичныя конгломераты глины и т. п., отлагали въ то время эти породы. Всѣ „долины прорыва“ въ Гималаяхъ развивались по мѣрѣ образованія горъ. Такимъ же образомъ слѣдуетъ объяснить и происхожденіе „Желѣзныхъ Воротъ“ Дуная.

Впрочемъ, „долины прорыва“ могутъ образоваться и иными способами. Объ одномъ изъ нихъ мы уже упоминали, говоря о постепенномъ распространеніи размыванія и о пониженіи имъ водораздѣла. Можетъ случиться, что рѣка, пролагающая путь по продольной долинѣ, настолько загромоздитъ свое ложе галечными отложеніями,

что воды ея, перейдя пониженный водораздѣлъ, направятся по встрѣтившейся имъ поперечной долинѣ. Такимъ именно образомъ произошла долина Попрада прорѣзывающая Карпатскія цѣпи. Протекая по южной и восточной сторонѣ Высокаго Татра, эта рѣка слѣдуетъ тектонической впадинѣ, которая простирается до такъ называемаго „пояса утесовъ“ (Klippenzone) *) и невысокихъ песчаниковыхъ горъ въ сѣверныхъ Карпатахъ. Достигши этого пояса, Попрадъ течетъ на нѣкоторомъ протяженіи параллельно его простиранію; прежде онъ извивался, вѣроятно, къ юго-востоку, дѣлая поворотъ у Палоцалавца и слѣдуя долинѣ Тарчи, гдѣ теперь проходитъ же-

Рис. 297. Дунаецъ, прорѣзывающій Пѣнинскія горы.

лѣзная дорога отъ Эперье къ Орло́. Когда лежащія къ сѣверу песчаниковыя горы были пробороždены постепенно распространявшимся вверхъ размываніемъ, то воды Попрада, задержанныя въ своемъ движеніи у Палоцы, направились на сѣверъ въ Карпатскія цѣпи, которыя и прорѣзываются нынѣ извилистой поперечной долиной этой рѣки

Замѣчательная въ гидрографическомъ отношеніи область центральныхъ Карпатовъ представляетъ немало и другихъ любопытныхъ явленій. Такъ, напр., прорывъ Дунайца можетъ служить примѣромъ широко распространенныхъ *эпигенетическихъ долинъ*. Объ этихъ образованіяхъ мы говорили уже выше, поскольку они наблюдаются въ равнинахъ. Дунаецъ представляетъ примѣръ эпигенетической долины въ *складчатыхъ горахъ*. Къ югу отъ Шавницы эта рѣка прорѣзываетъ „поясъ утесовъ“

*) Въ сѣверной части центральныхъ Карпатовъ проходитъ дугообразно изогнутый поясъ известняковыхъ горъ мезозойскаго возраста; эти горы, прикрытыя верхнемѣловыми и древнетретичными глинами и песчаниками, носятъ названіе „пояса утесовъ“ (Klippenzone).

какъ разъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ громоздятся мощныя Пѣнинскія горы, образованныя юрскими известняками и роговиками; здѣсь она образуетъ глубокое и извилистое ущелье съ отвѣсными стѣнами и минуетъ болѣе удобный для нея путь, открывающійся слѣва и справа, гдѣ залегаютъ рыхлые песчаники и сланцевыя глины верхнемѣлового и древнетретичнаго возраста (см. рис. 297). Послѣдніе образуютъ трангрессировавшій покровъ на головахъ изогнутыхъ въ складки и покрытыхъ многочисленными трещинами известняковыхъ массъ. Эти легко вывѣтривающіяся породы въ свою очередь образовали складки, но въ общемъ сохранили характеръ покрова и были прорѣзаны цѣлою сѣтью рѣкъ, которыя направлялись согласно естественному наклону почвы. Постепенно углублявшееся ложе достигло, наконецъ, известняко-

Рис. 298. Каньонъ р. Ямпы въ Колорадо въ Сѣв. Америкѣ. Темная полоса на склонѣ возвышенности представляетъ самый Каньонъ.

выхъ массъ. Мало прочная оболочка песчаниковъ и глинистыхъ сланцевъ была уничтожена дѣйствіемъ разрушительныхъ процессовъ, и болѣе упорные юрскіе известняки выступили изъ ея толщи. Такимъ образомъ и создались наблюдаемыя нынѣ характерныя черты этой мѣстности. Въ пользу такого объясненія говорятъ любопытныя явленія, наблюдаемыя въ Яворкахъ у Щавницы; здѣсь можно прослѣдить всѣ стадіи подобнаго процесса, правда въ менѣе значительныхъ размѣрахъ; въ однихъ мѣстахъ долина проходитъ черезъ толщу сланцевъ и песчаниковъ и только на днѣ достигаетъ известняковъ, въ другихъ мѣстахъ послѣдніе выступаютъ уже въ стѣнахъ долины, но песчаники и сланцы еще прикрываютъ ихъ, и, наконецъ, въ третьихъ мѣстахъ наблюдается конечная стадія процесса: твердыя известняковыя скалы, круто поднимающіяся надъ плоскою или слегка волнистою окрестностью, прорѣзываются небольшимъ потокомъ, который беретъ начало на невысокихъ холмахъ и обладаетъ незначительнымъ наклономъ русла. Горныя массы Колорадо, представленныя на рис. 298 и прорѣзанныя рѣкою Ямпой, съ внѣшней стороны не представляютъ никакого сходства съ формами „пояса утесовъ", но и здѣсь, вѣроятно, мы имѣемъ дѣло съ эпигенетической долиной. Сюда же относятся долина Дуная у Грейна и у Кремса, долины Соляного Кряжа въ Индіи, вѣроятно, также ущелье Зеленой Рѣки въ горахъ Уинта и многія другія долины. Повидимому, эпигенетическія долины играютъ видную роль не только въ равнинахъ и сбросовыхъ горахъ, но также и въ складчатыхъ цѣпяхъ.

Наклонность рѣкъ сохранять свое ложе приводитъ и другимъ путемъ къ образованію долинъ прорыва. Вода, стекающая съ вершинъ антиклинальныхъ складокъ, промываетъ на ихъ склонахъ глубокія борозды. Какъ будетъ выяснено въ слѣдующей главѣ, на значительныхъ высотахъ разрушительные процессы проявляются сильнѣе, чѣмъ въ болѣе низкихъ частяхъ горъ. Вслѣдствіе этого ранѣе всего разрушаются сѣдла антиклиналей, и породы, подстилающія поверхностный слой ихъ, обнажаются. Если эти породы вывѣтриваются легко, то вершина складки будетъ все болѣе разрушаться и опустится ниже боковъ или бедеръ, состоящихъ изъ болѣе твердой породы. Ложе рѣки сохранитъ неизмѣннымъ свое направленіе и, начинаясь въ глубинѣ разрушеннаго сѣдла, прорѣжетъ высоко поднимающіяся массы бедеръ. Такимъ именно образомъ произведенъ рѣкою Альтмюль прорывъ франконской Юры; также образовались всѣ долины въ мѣстности, называемой Вельдъ, къ юго-востоку отъ Лондона.

Наконецъ, слѣдуетъ упомянуть здѣсь о своеобразномъ способѣ образованія долинъ прорыва въ карстовыхъ областяхъ. Онѣ должны быть приписаны дѣятельности подземныхъ рѣкъ, которыя выступаютъ на дневную поверхность *вслѣдствіе провала прикрывающей ихъ породы*. Особенности карстовыхъ областей будутъ разсмотрѣны нами въ одной изъ дальнѣйшихъ главъ; здѣсь же мы замѣтимъ, что въ мѣстностяхъ, образованныхъ чистыми известняками, подземныя рѣки представляютъ обычное явленіе. Онѣ образуются, благодаря химическому дѣйствію воды, которое выражается расширеніемъ трещинъ и размываніемъ породы по плоскостямъ ея напластованія; въ результатѣ образуется сложная сѣть подземныхъ каналовъ и часто значительныхъ пустотъ, по которымъ направляются потоки. Если кровля такой подземной рѣки обрушится, то произойдетъ короткая слѣпо оканчивающаяся долина; если же обвалъ распространится на весь потокъ, то подземная рѣка превратится въ нормальную и потечетъ среди известковыхъ породъ, образуя настоящую „долину прорыва". Нѣкоторыя долины въ известняковыхъ горахъ образовались такимъ именно способомъ.

Изъ сказаннаго видно, что цѣлый рядъ разнообразныхъ процессовъ ведетъ къ образованію долинъ прорыва, нѣсколько лѣтъ назадъ сводившихся къ готовымъ уже трещинамъ; но, какъ и все въ природѣ, эти образованія имѣютъ свою исторію и развиваются постепенно.

Разрушеніе горъ.

Разрушительная дѣятельность воды достигаетъ въ горахъ грандіозныхъ размѣровъ. Если мы остановимъ наше вниманіе на Альпахъ, образованіе которыхъ продолжалось еще въ концѣ міоценовой эпохи, то увидимъ, что значительныя массы ихъ уже изчезли и, что современныя горы являются только развалинами прежнихъ кряжей. Достаточно указать для примѣра на знаменитые „Три Зуба" у Шлудербаха въ Тиролѣ (ср. стр. 12); эти столбообразные выступы представляютъ лишь остатокъ размытыхъ горизонтальныхъ пластовъ, распространявшихся равномѣрно во всѣ стороны. Огромный конусъ Маттергорна въ Швейцаріи является остаткомъ прежней складки (см. рис. 300). На высочайшей вершинѣ Эгиль Ружъ (Aiguilles Rouges) у Шамони, противъ Монблана, лежитъ небольшая глыба горизонтальныхъ верхне-юрскихъ отложеній; она не продолжается ни съ той, ни съ другой стороны и, видимо, представляетъ остатокъ связнаго покрова (см. рис. стр. 396).

Можно было бы привести огромное множество такихъ примѣровъ; всѣ они показываютъ намъ, что разрушеніе Альпъ не ограничивается образованіемъ долинъ, и что огромныя массы породъ, мощностью въ цѣлыя тысячи метровъ, уносятся съ высочайшихъ областей горъ. Но эти примѣры еще не даютъ намъ вѣрнаго представленія объ истинныхъ размѣрахъ размыванія. О громадности послѣдняго свидѣтельствуютъ до извѣстной степени вершины многочисленныхъ горъ, представляющія лишь нижнюю часть синклинальныхъ складокъ (см. рис. 299). Тѣ массы, которыя вѣнчаютъ нынѣ высочайшія вершины, представляли прежде дно синклинальной долины и по обѣимъ сторонамъ ихъ возвышались еще болѣе высокіе своды, но размываніе

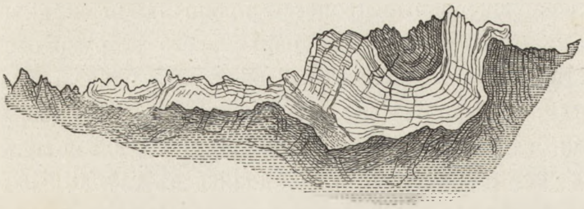


Рис. 299. Вершина горы, представляющая мульду. (По Гейму.)

Рис. 300. Маттергорнъ со стороны Церматта въ кантонѣ Валлисъ.

не оставило отъ нихъ и слѣда. Въ виду этого нельзя не согласиться съ *Геймомъ*, который замѣчаетъ, что Альпы обязаны своимъ внѣшнимъ видомъ главнымъ образомъ размыванію, и если онъ утверждаетъ, что объемъ современныхъ горъ немного только больше объема разрушенныхъ массъ, то такую оцѣнку размыванія надо считать скорѣе низкой и никоимъ образомъ не преувеличенной. Любопытно слѣдующее замѣчаніе Гейма: если бы всѣ низвергающіеся въ Альпахъ камни были сосредоточены въ одномъ мѣстѣ, то произошелъ бы

Рис. 301. Чортово ущелье („The Devils slide") въ горахъ Утахъ въ Сѣв. Америкѣ (по Кингу).

грозный обвалъ, который бы длился, не прерываясь, днемъ и ночью изъ года въ годъ.

Однако, не слѣдуетъ думать, что Альпы были нѣкогда вдвое выше, чѣмъ теперь, и что Монбланъ своими размѣрами превосходилъ высочайшія вершины Гималая, Гауризанкаръ и Кинчинджинга. Въ пліоценовую и ледниковую эпоху Альпы были сильно разрушены: денадуція дѣйствовала уже съ перваго момента ихъ образованія, и Альпы, какъ и всякія горы, уже въ самомъ началѣ представляли развалины. Въ виду этого группы невысокихъ горъ съ закругленными вершинами и сильно нарушеннымъ напластованіемъ, образовавшіяся въ болѣе древніе геологическіе періоды, мы должны разсматривать, какъ сильно размытые остатки высокихъ кряжей; таковы, напр., баварско-чешскія пограничныя цѣпи.

Рис. 302. Уцѣлѣвшія отъ размыванія головы силурійскихъ кварцитовъ (по Мурчисону).

Если мы станемъ сравнивать высокія горы съ болѣе низкими, то сейчасъ же бросится въ глаза слѣдующее рѣзкое различіе: въ горахъ перваго типа наблюдается болѣе рѣзкая разъединенность гребней и вершинъ, крутые склоны въ долинахъ и огромныя скопленія щебня; словомъ, все показываетъ, что здѣсь размываніе происходитъ въ значительно болѣе широкихъ размѣрахъ, чѣмъ въ болѣе низкихъ горахъ. Это явленіе объясняется прежде всего тѣмъ, что въ высокихъ горныхъ цѣпяхъ образованіе долинъ еще не закончено; верхнія части ихъ обладаютъ болѣе сильнымъ наклономъ и открываютъ широкій просторъ размывающей дѣятельности воды и другимъ денудаціоннымъ процессамъ. Не слѣдуетъ упускать изъ виду и второго очень важнаго условія: вслѣдствіе значительнаго протяженія въ высоту такія горы получаютъ большее количество атмосферныхъ осадковъ, и верхнія части ихъ подлежатъ болѣе сильнымъ колебаніямъ температуры и главнымъ образомъ дѣйствію мороза, — одного изъ важнѣйшихъ участниковъ вывѣтриванія. Въ предъальпійскихъ областяхъ поясъ частой смѣны росы и мороза лежитъ на высотѣ приблизительно въ 1,200 м., а въ высочайшихъ областяхъ Альпъ — на высотѣ 1,450 м. При этомъ перемѣны температуры въ наиболѣе высокихъ поясахъ происходятъ приблизительно вдвое быстрѣе, чѣмъ у подножія, а потому размываніе усиливается не пропорціонально относительной и абсолютной высотѣ горъ, а въ значительно сильнѣйшей степени. Размывающіе процессы стремятся понизить всѣ выступы земной коры до извѣстнаго, всюду равномѣрнаго уровня. То, что сильнѣе выдвигается вверхъ, подлежитъ болѣе сильному разрушенію.

Само собою разумѣется, что на быстроту вліяетъ не только высота разрушенія горъ, но также твердость и постоянство горныхъ породъ: пластическія глины, рыхлый песокъ и сланцы размываются сравнительно скоро, между тѣмъ какъ прочный кварцитъ не затрогивается разрушеніемъ и при крутой постановкѣ пластовъ выдвигается

среди окрестности въ видѣ огромныхъ скалъ (см. рис. 301 и 302). Вообще, опытный глазъ геолога сразу опредѣляетъ тѣ выступы, террасы и т. д., которые обязаны своимъ происхожденіемъ болѣе легкой разрушаемости нѣкоторыхъ породъ.

Такимъ образомъ значительные выступы земной коры прежде всего подлежатъ разрушенію, и всѣ высокія горы должны со временемъ исчезнуть и превратиться въ плоскія, слегка волнистыя равнины; если бы горообразующіе процессы не выдвигали въ другихъ мѣстахъ новыхъ цѣпей, то на землѣ исчезъ бы всякій рельефъ. Доказательствомъ быстраго разрушенія горъ служитъ уже то, что всѣ значительныя цѣпи, высоко поднимающіяся надъ окрестностью, принадлежатъ къ числу недавнихъ геологическихъ образованій и продолжали выдвигаться еще въ третичный періодъ. Таковы, напр., Альпы, Аппенины, Карпаты, Пиринейскія горы, альпійскія цѣпи Балканскаго полуострова, Кавказскій хребетъ, Гималаи, Анды и др. Наоборотъ, древнія горныя группы, уже давно замершія въ своемъ развитіи, поднимаются только на незначительную высоту, хотя замѣчаемые въ нихъ слѣды сильныхъ нарушеній заставляютъ ожидать противоположнаго. Онѣ не обнаруживаютъ явственнаго линейнаго расположенія и обладаютъ въ большинствѣ случаевъ закругленною формою. Эти такъ называемые „древніе массивы“ представляютъ только развалины высоко поднимавшихся цѣпей; примѣрами могутъ служить Чешскій лѣсъ, Шварцвальдъ, Вогезы, центральное плоскогорье Франціи и др.

Карстовыя образованія.

Своеобразныя явленія наблюдаются въ тѣхъ областяхъ, которыя образованы главнымъ образомъ *известняками* и *доломитами.* Эти породы обладаютъ двумя характерными свойствами: онѣ прорѣзываются огромнымъ количествомъ трещинъ и сравнительно легко растворяются въ водѣ, содержащей углекислоту. Вслѣдствіе этого вода легко просачивается въ глубину и циркулируетъ преимущественно *подъ землею;* поэтому здѣсь химическое разрушеніе горныхъ массъ происходитъ не только на поверхности, но и въ глубинахъ и, при извѣстныхъ благопріятныхъ условіяхъ, значительно превосходитъ своею силою дѣйствіе механическихъ процессовъ.

Степень разрушенія этихъ породъ зависитъ отъ количества трещинъ, отъ расположенія пластовъ и отъ внѣшнихъ формъ поверхности. Гдѣ известняки обладаютъ крутою постановкою и проявляютъ наклонность къ образованію горныхъ цѣпей съ рѣзко выраженными гребнями, тамъ указанныя особенности выражаются въ наиболѣе слабой степени. Сильный наклонъ пластовъ заставляетъ воду стекать по поверхности и способствуетъ механическому разрушенію; съ другой стороны быстро стекающая вода не можетъ просачиваться въ глубину, и степень химическаго дѣйствія ея сильно понижается. Но и здѣсь замѣчаются уже нѣкоторыя своеобразныя особенности, среди которыхъ слѣдуетъ отмѣтить образованіе такъ называемыхъ *карровъ* или *шраттовъ* (Karren oder Schratten). Вода, выпадающая въ видѣ атмосферныхъ осадковъ, стекаетъ по наклоннымъ плоскостямъ напластованія известняковъ, слѣдуя при этомъ извѣстнымъ опредѣленнымъ линіямъ, наиболѣе удобнымъ для стока. Часть известняковъ растворяется и, благодаря этому, въ слѣдующій разъ воды направляются по тѣмъ же путямъ и все болѣе углубляютъ появившіеся каналы. Этотъ процессъ широко развивается тамъ, гдѣ вода распре-

дѣляется равномѣрно на большой площади, стекаетъ медленно, и гдѣ почва все время сохраняетъ влагу. Такія благопріятныя условія преимущественно существуютъ въ съ снѣжныхъ поляхъ, которыя вблизи снѣговой линіи сохраняются бо́льшую часть года. Здѣсь то и образуются чрезвычайно узкіе каналы съ отвѣсными стѣнами, глубиною въ 1—2 м., а въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже 6—10 м. Отдѣльныя борозды располагаются чрезвычайно тѣсно и спускаются къ подножію параллельно другъ другу, отдѣляясь узкими заостренными выступами, которые напоминаютъ своею формою огромные ножи. Это дикія фантастическія „шраттовыя или карровыя поля“, представляющія для горныхъ путешественниковъ одно изъ непріятнѣйшихъ препятствій въ ихъ пути; они достигаютъ широкаго развитія въ мѣловыхъ известнякахъ форъарльбергскихъ и швейцарскихъ Альпъ, но встрѣчаются также и во многихъ другихъ мѣстахъ, гдѣ существуютъ благопріятныя условія для ихъ образованія. Прежде думали, что для такого грандіознаго размыванія требуются большія количества воды, а потому происхожденіе карровъ относили къ концу ледниковой эпохи, когда таяніе глетчеровъ доставляло огромныя массы воды. Но наблюденія *Фуггера* и *Кастнера* у Унтерсберга близъ Зальцбурга показали, что для появленія карровъ не требуется большихъ количествъ воды; съ тѣхъ поръ выше приведенное объясненіе было оставлено. Въ одной изъ каменоломенъ названной мѣстности были замѣчены карры на свѣже-обнаженной поверхности известняковъ: они были образованы тѣми незначительными количествами воды, которая просачивалась между пластами; далѣе было точно установлено, что карры встрѣчаются въ мѣстностяхъ, бѣдныхъ атмосферными осадками, и достигаютъ значительнаго развитія въ областяхъ Карста, въ Ливанскихъ горахъ. въ Пелопонесѣ, на Сициліи, въ горахъ близъ Тулона и т. д. Во всѣхъ названныхъ мѣстностяхъ карры образуются на поверхности чистыхъ плотныхъ известняковъ и, наоборотъ, отсутствуютъ въ битуминозныхъ и мергелистыхъ разновидностяхъ этой породы; отсюда видно, что образованіе карръ опредѣляется не количествомъ атмосферныхъ осадковъ, а химическими свойствами известняковъ.

Въ известняковыхъ областяхъ, гдѣ большая пологость не допускаетъ уже быстраго стока воды, химическая дѣятельность послѣдней достигаетъ высшей силы и выражается образованіемъ особаго рода *воронокъ* или *котловинъ* и *подземныхъ пустотъ;* широкаго развитія достигаютъ здѣсь *подземныя рѣки* и *озера*. Эти явленія обнаруживаются также и въ гористыхъ мѣстностяхъ, которыя не представляютъ рѣзко выступающихъ гребней и вершинъ, а тянутся въ видѣ ровнаго плато: такова большая часть известняковыхъ массивовъ, которые идутъ отъ Каменнаго моря у Берхтесгадена до Раксальпа у Вѣны черезъ Зальцкаммергутъ, а также Верхнюю и Нижнюю Австрію. Въ областяхъ съ горизонтально расположенными пластами известняковъ, каковы, напр., франконско-швабскія возвышенности юрскаго возраста и силлурійскіе известняки Прибалтійскихъ губерній Россіи, большая часть воды уходитъ въ глубину. Для этого уже достаточно тѣхъ трещинъ, которыми, обыкновенно, прорѣзываются известняки. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда тектоническіе процессы нарушили связность породы на большихъ протяженіяхъ и произвели сбросы, вода предпочтительно пользуется послѣдними при прохожденіи въ почву: оттого-то воронки, пустоты и т. п. характерныя образованія пріурочиваются главнымъ образомъ къ линіямъ сбросовъ. Ближайшимъ слѣдствіемъ подземной дѣятельности воды является расширеніе ея ложа и, слѣдовательно, увеличеніе трещинъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ размываніе происходитъ такъ энергично, что образуются огромныя подземныя пустоты, часто встрѣ-

чающіяся во многихъ известняковыхъ мѣстностяхъ, напр., въ окрестностяхъ Муггендорфа, во Франконіи въ девонскихъ известнякахъ Моравіи, въ Севеннахъ и особенно въ карстовыхъ областяхъ Крайны, Истріи и Далмаціи.

Пустоты эти носятъ весьма разнообразный характеръ. Нѣкоторыя изъ нихъ возникли благодаря дѣятельности подземныхъ рѣкъ и отличаются отъ обыкновенныхъ долинъ только тѣмъ, что стѣны ихъ вверху сходятся и образуютъ надъ рѣкою неразрывный сводъ. Прекраснымъ примѣромъ такихъ подземныхъ долинъ можетъ служить Планинская пещера въ Крайнѣ, представляющая ложе рѣки Пойка. Другія подземныя пустоты значительно болѣе растягиваются въ ширину и обладаютъ меньшею длиною. Часто въ нихъ изливаются рѣки или водоносныя жилы и, встрѣчая препятствіе для дальнѣйшаго движенія, образуютъ подземныя озера. Съ другой стороны, потокъ, прорывшій пещеру, направляется иногда по новымъ путямъ; въ такомъ случаѣ въ подземной пустотѣ можетъ даже и не быть слѣдовъ воды. Если въ пещеру просачиваются сверху растворы углекислаго кальція, то образуются прекрасные сталактиты, о которыхъ мы будемъ говорить подробнѣе въ другомъ мѣстѣ.

Нѣкоторыя изъ этихъ пещеръ служили логовищами дикихъ звѣрей. Здѣсь находятъ огромныя количества ихъ костей, а также и остатки животныхъ, которыя служили имъ пищею. Въ пещерахъ селился и первобытный человѣкъ; о его пребываніи здѣсь свидѣтельствуютъ грубыя орудія, сдѣланныя изъ кремня, рога, костей и т. п. матеріала, а также остатки пищи. За эти относительно удобныя и достаточно защищенныя жилища велась ожесточенная борьба между человѣкомъ, съ одной стороны и пещерными львами, гіенами и медвѣдями — съ другой. Раскапывая осторожно остатки костей, покрывающихъ дно пещеры, можно подмѣтить, какъ именно мѣнялись ея обитатели: иногда человѣкъ вытѣснялъ гіенъ и медвѣдей, иногда же перевѣсъ былъ на сторонѣ хищныхъ звѣрей.

Наиболѣе распространеннымъ поверхностнымъ образованіемъ карстовыхъ областей являются такъ называемыя *доллины* (Doliner oder Karsttrichter). Въ большинствѣ случаевъ это — чашеобразныя впадины, иногда — глубокія ямы въ видѣ какъ бы колодцевъ; діаметръ ихъ колеблется между 10 и 1000 метр., а глубина — между 2 и 100 метр. Обыкновенно доллины сосредоточиваются на слабо наклоненныхъ или даже горизонтальныхъ площадяхъ; въ общемъ ихъ группировка лишена всякой правильности, но въ рѣдкихъ случаяхъ можно подмѣтить линейное расположеніе. Эти своеобразныя впадины кладутъ сильный отпечатокъ на общій характеръ мѣстности. Часто онѣ до того скучены, что на протяженіи какого-нибудь квадратнаго километра можно встрѣтить до 40—50 доллинъ; вся мѣстность въ такихъ случаяхъ кажется какъ бы рябою (см. карту на рис. 303). Каменистая пустыня съ незначительными выступами горныхъ массъ, остроконечныя трещиноватыя скалы, покрытыя каррами и неправильными вертикальными ямами, — вотъ что составляетъ особенности безотрадной картины, которая разстилается между доллинами; только эти чашеобразныя и колодцеподобныя впадины нѣсколько нарушаютъ ея однообразіе (см. рис. 304).

Большинство доллинъ, особенно тѣ изъ нихъ, которыя обладаютъ формою чаши и достигаютъ лишь незначительныхъ размѣровъ, образовались на поверхности: снизу онѣ закрыты и даютъ внутреннее продолженіе только въ видѣ тонкихъ трещинъ, которыя можно непосредственно наблюдать въ выемкахъ желѣзныхъ дорогъ и въ рудникахъ. Нѣкоторыя изъ колодцеобразныхъ доллинъ съ крутыми стѣнами ведутъ въ слѣпо

оканчивающіяся пустоты и такимъ образомъ тоже представляютъ закрытыя снизу ямы. Дно ихъ усыпано обломками, оборвавшимися со стѣнъ или нанесенными водою. Только незначительное меньшинство доллинъ этого типа стоитъ въ связи съ подземными рѣками и пещерами: иногда соединяющимъ звеномъ служатъ узкія трещины, какъ это мы и видимъ въ Требичской пещерѣ у Тріеста, иногда же доллина спускается до уровня рѣки въ видѣ широкаго открытаго канала: примѣромъ можетъ служить проваль Мацоха (Мачиха) у Брюнна (Брно).

Рис. 303. Карта покрытыхъ доллинами окрестностей Сторье близъ Тріеста. Масштабъ 1.25,000.

Открытыя снизу доллины въ большинствѣ случаевъ образовались вслѣдствіе проваловъ, какъ это и свидѣтельствуютъ мощныя скопленія обломковъ на ихъ днѣ. Происхожденіе всѣхъ вообще доллинъ еще недавно приписывали разрыву кровли подземныхъ пустотъ, и нѣкоторые изслѣдователи до сихъ поръ придерживаются этого взгляда. Подтвержденіемъ послѣдняго служили многочисленные провалы, сопровождавшіеся даже нерѣдко мѣстными землетрясеніями; такъ, напр., сообщалось, что въ Истріи и Крайнѣ извѣстенъ цѣлый рядъ случаевъ, когда дома вмѣстѣ съ ихъ жителями внезапно проваливались подъ землю. Кромѣ того, большимъ авторитетомъ пользовалось слѣдующее сообщеніе *Пилара:* „Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ (въ Хорватіи) измѣненія совершаются столь быстро, что жители, на нѣсколько десятковъ лѣтъ покидавшіе свою родину, не узнали ее по возвращеніи: новообразовавшіяся воронки производили полный переворотъ: погибшіе дома были покинуты ихъ обитателями, фруктовые сады исчезали, и вмѣсто прежнихъ попорченныхъ дорогъ

являлись новыя на другихъ мѣстахъ“. Однако, новѣйшія изслѣдованія показали, что вышеприведенныя сообщенія о большихъ катастрофахъ въ Истріи и Крайнѣ не точны, а извѣстіе Пилара касается только тѣхъ долинъ, которыя образуются вслѣдствіе провала наносныхъ образованій, а не твердыхъ породъ (Schwemmlanddolinen). Если вслѣдствіе химическаго дѣйствія воды подъ пластами рыхлыхъ наносовъ образуется трещина, то вышележащія массы потеряютъ опору и осядутъ. Такія явленія должны происходить во время обильныхъ дождей и таянія снѣга, а отсюда понятно, почему они совершаются такъ часто и производятъ столь значительныя измѣненія. Само

Рис. 304. Карстовая область близъ Св. Канцьяна.

собой разумѣется, что провалы наносовъ не имѣютъ ничего общаго съ образованіемъ долинъ въ твердыхъ породахъ (Felsdolinen).

Въ двухъ случаяхъ удалось подмѣтить связь между мѣстонахожденіемъ обломковъ въ пещерахъ и положеніемъ долинъ на поверхности. При изслѣдованіи крайнскихъ пещеръ были сдѣланы съемки ихъ дна; сравненіе послѣднихъ съ планомъ мѣстности показало, что въ Адельсбергскомъ гротѣ глыбы обломковъ лежали какъ разъ подъ долинами, находившимися въ лѣсу. Слѣдовало бы ожидать, что всѣ долины, образующіяся вслѣдствіе проваловъ, должны имѣть приблизительно отвѣсныя стѣны и простираться на значительную глубину. Но разрыхленные обломки занимаютъ большій объемъ, нежели сплошная масса породы; если пещера не особенно велика, то она вся загромождается обрушившимися массами, и часть послѣднихъ заполняетъ образовавшуюся при провалѣ колодцеподобную яму; вслѣдствіе этого мы наблюдаемъ на поверхности только незначительныя углубленія. Подтвержденіемъ сказаннаго служатъ наблюденія надъ выработанными пространствами рудниковъ, кровля которыхъ не имѣетъ надлежащей подпоры; происходящіе здѣсь обвалы также

выражаются на поверхности образованіемъ закругленныхъ, воронкообразныхъ впадинъ. При обвалахъ кровли въ разработанныхъ штрекахъ каменноугольныхъ копей было замѣчено, что обломки, загромождающіе подземный ходъ, настолько увеличиваются въ объемѣ, что дѣлаютъ невозможными дальнѣйшее осѣданіе. Но впослѣдствіи, подъ вліяніемъ давленія вышележащихъ массъ, обломки раздвигаются, и кровля продолжаетъ медленно опускаться, при чемъ на поверхности образуется воронкообразное углубленіе,—нѣчто въ родѣ долины. Въ разсматриваемыхъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло преимущественно съ упругими породами, обладающими значительною степенью гибкости: рыхлые известняки карстовыхъ областей могутъ обнаруживать иныя явленія, а потому не только воронкообразныя, а также многія изъ колодцеобразныхъ долинъ, происходятъ, вѣроятно, вслѣдствіе провала породъ, составляющихъ кровлю пещеры или подземнаго ложа рѣки.

Однако, описаннымъ способомъ нельзя объяснить происхожденіе всѣхъ долинъ, такъ какъ пещеры имѣютъ далеко не такое широкое распространеніе, какъ эти поверхностныя образованія. Съ другой стороны многія изъ долинъ, которыя были прорѣзаны при землекопательныхъ работахъ, не обнаруживали никакихъ соединеній съ подземными пустотами. Въ виду этого большинство разсматриваемыхъ образованій слѣдуетъ приписать размыванію поверхности; своеобразные результаты этого процесса объясняются особенностями карстовыхъ областей. Вслѣдствіе чередующагося нагрѣванія и охлажденія, а также подъ вліяніемъ тектоническихъ процессовъ известняки прорѣзываются многочисленными вертикальными и горизонтальными трещинами; проникающая сверху вода растворяетъ бока послѣднихъ и превращаетъ ихъ въ закругленные каналы; мало-по-малу трещины принимаютъ видъ настоящихъ котловинъ; стекающая сверху вода смываетъ ихъ бока и сообщаетъ имъ воронкообразную форму. Такъ какъ существованіе трещинъ является необходимымъ условіемъ образованія долинъ, то этимъ и объясняется, почему послѣднія сосредоточиваются иногда на мѣстахъ дислокаціонныхъ линій и обнаруживаютъ рядовое (линейное) расположеніе.

Такимъ образомъ долины представляютъ много общаго съ тѣми цилиндрическими, карманообразными и воронкоподобными углубленіями, которыя мы находимъ въ мергелистыхъ известнякахъ и въ мѣлѣ, и которыя обыкновенно бываютъ заполнены продуктами разрушенія породъ или новѣйшими рыхлыми наносами. Эти образованія должны быть приписаны также растворяющей дѣятельности воды, которая проникаетъ въ трещины, но сравнительно съ долинами онѣ обладаютъ обыкновенно незначительными размѣрами. Послѣднее объясняется тѣмъ, что мергелисто-известковыя образованія растрескиваются меньше, чѣмъ чистые известняки карстовыхъ областей, а потому и не допускаютъ такого свободнаго просачиванія воды; съ другой стороны обильныя скопленія обломковъ и песчано-глинистые наносы препятствуютъ дальнѣйшему развитію этихъ углубленій.

Въ карстовыхъ областяхъ просачиваніе воды по трещинамъ происходитъ въ широкихъ размѣрахъ, и обыкновенныя рѣки образуются сравнительно рѣдко; вмѣсто нихъ мы находимъ сухія долины, оканчивающіяся слѣпо. Чаще всего воды просачиваются въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ въ карстовую область вступаетъ рѣка, протекавшая по водонепроницаемой породѣ; но и въ ложѣ обыкновенныхъ рѣкъ мы находимъ здѣсь углубленія, по которымъ вся вода уходитъ подъ землю; эти углубленія, называемыя въ окрестностяхъ Карста „понорами“ (въ Смол. губ. понырями), а въ Греціи

„катавотрами“ и ведутъ къ образованію слѣпыхъ долинъ. Такъ какъ всѣ карстовыя рѣки обнаруживаютъ стремленіе перемѣщать эти поглотительныя воронки вверхъ по ихъ теченію, то нижнія части слѣпооканчивающихся долинъ остаются сухими. При обвалахъ кровли подземныхъ ходовъ также образуются слѣпыя долины; примѣромъ можетъ служить короткая долина Ракбаха у С.-Канцьяна, гдѣ даже сохранилось два естественныхъ моста, свидѣтельствующихъ о несомнѣнности происходившаго здѣсь обвала. Если такой процессъ распространяется на протяженіи всего подземнаго ложа, то происходитъ обыкновенная рѣка съ характерной „долиной прорыва“ (см. предыд. главу).

Въ карстовыхъ областяхъ складчатыхъ горъ къ описаннымъ явленіямъ присоединяется еще группа замѣчательныхъ образованій. Это—котлообразныя, со всѣхъ сторонъ замкнутыя впадины, на языкѣ славянскаго населенія Карста называемыя „полями“ (Polje); онѣ обладаютъ крутыми стѣнами, широкимъ дномъ и располагаются своимъ длиннымъ размѣромъ параллельно простиранію пластовъ. Размѣры ихъ различны; иногда онѣ не превосходятъ въ этомъ отношеніи наиболѣе значительныхъ долинъ, иногда же занимаютъ площадь до 300 кв. метровъ, какъ, напр., „Ливанское Поле“ въ западной Босніи. Большинство котловинъ періодически наполняется водою: во время таянія снѣговъ, зимнихъ и осеннихъ ливней и вообще при каждомъ сильномъ дождѣ на днѣ и стѣнахъ ихъ начинаютъ бить мощные ключи, питающіеся водой, которая просачивается въ землю въ болѣе возвышенныхъ мѣстахъ; притокъ усиливается подземными и наземными ручьями, и „поля“ превращаются въ озера. Обыкновенно стокъ воды происходитъ при посредствѣ поглощающихъ отверстій, которыя стоятъ въ связи съ чрезвычайно сложною и запутанною системою подземныхъ трещинъ и пустотъ. Когда ихъ поглощающая дѣятельность подавляется огромнымъ притокомъ воды, котловина заполняется водою; быстрота этого процесса и продолжительность существованія временныхъ озеръ зависитъ отъ емкости поглотительныхъ каналовъ, которые иногда обладаютъ весьма ничтожными размѣрами.

„Поля“, располагающіяся на возвышенныхъ мѣстахъ, труднѣе заполняются водой и легко отдаютъ послѣднюю нижележащимъ котловинамъ: поэтому въ большинствѣ случаевъ они сухи или только очень рѣдко превращаются въ озера. Наоборотъ „поля“, расположенныя въ относительно низкихъ мѣстахъ, получаютъ богатое питаніе и долго остаются заполненными водою; таково, напр., озеро Врана на островѣ Херсо и озеро такого же наименованія близъ Зара Веккья. Къ числу періодическихъ озеръ принадлежитъ также извѣстное Циркницкое озеро, соединяющееся съ вышележащими полями Лааса и расположенными ниже котловинами Планины; всѣ они группируются на линіи одного и того же сброса. Во время сильныхъ дождей Циркницкое озеро наполняется въ 2—3 дня, а иногда въ 24 часа; для удаленія воды требуется 14—25 дней, при чемъ наиболѣе глубокія части дна никогда не остаются сухими. На протяженіи 2,400 метровъ воды Цирквицкаго озера текутъ подъ землею, и въ Крайнѣ у С.-Канцьяна выступаютъ на поверхность въ видѣ рѣки Ракбаха съ ея слѣпо-оканчивающейся долиной. Снова исчезающія воды Ракбаха отчасти изливаются въ Планинскую котловину, отчасти въ р. Пойкъ. Подобныя же явленія наблюдаются въ Копаидскомъ озерѣ и въ котловинѣ Триполиса въ Греціи, а также въ „поляхъ“ Іоническихъ острововъ, Босніи, Герцеговины и др. Если вслѣдствіе усиленнаго выпаденія атмосферныхъ осадковъ или закупориванія отводныхъ путей нарушается равновѣсіе между притокомъ и стокомъ воды, то продолжитель-

ность существованія временныхъ озеръ увеличивается, и дальнѣйшее наполненіе ихъ можетъ сопровождаться наводненіями. Такъ, напр., въ Циркницкомъ озерѣ, которое опоражнивается и заполняется обыкновенно два — три раза въ годъ, однажды вода стояла на высокомъ уровнѣ въ теченіе 2 или 3 лѣтъ. Такія явленія печально отражаются на судьбѣ бѣдныхъ жителей Карста, и въ Австріи принимаются всѣ мѣры къ предотвращенію катастрофъ путемъ искусственнаго усиленія стока; въ Греціи же сдѣланы попытки осушенія періодическихъ озеръ посредствомъ каналовъ; благодаря этому болотистая почва ихъ, являющаяся теперь гнѣздомъ лихорадки, превратится въ плодородную землю.

Почти законченныя работы въ озерѣ Копаисъ въ Беотіи позволяютъ сдѣлать немало любопытныхъ заключеній, а потому не будетъ излишнимъ сказать здѣсь о нихъ нѣсколько словъ. Озеро существовало обыкновенно въ дождливое время года, т.-е. весною и осенью, Пять большихъ рѣкъ и въ числѣ ихъ Меласъ и Кефисъ несли туда свои воды, которыя удалялись посредствомъ 25 значительныхъ катавотровъ и множества мелкихъ трещинъ. Воды Копаиса направлялись къ востоку и у Скропонери и Ларимны изливались въ море. Съ этимъ озеромъ соединились посредствомъ подземныхъ каналовъ озера Ликери и Паралимни, на уровнѣ которыхъ и отражалось заполненіе и опоражниваніе озера Копаисъ. Уже во времена сѣдой древности, племя Миніевъ, а позднѣе Александръ Македонскій, дѣлали попытку осушить эту мѣстность и посредствомъ системы каналовъ отвести воду въ катавотры. Но такъ какъ послѣднія иногда закупориваются, то въ позднѣйшее время, точно не опредѣляемое древними писателями, стали устраивать для удаленія воды искусственные колодцы; слѣды послѣднихъ, а также остатки сооруженія Миніевъ и были раскопаны во время производства современныхъ работъ.

Любопытно, что новѣйшій способъ осушенія озера представляетъ комбинацію неизвѣстныхъ до тѣхъ поръ сооруженій временъ Миніевъ и болѣе позднихъ эпохъ классической древности. Онъ заключается въ прорытіи системы каналовъ и устройствѣ туннеля, посредствомъ которыхъ вода отводится въ озера Ликери и Паралимни, а оттуда въ море. Только одна рѣка Меласъ, какъ это было сдѣлано и въ древности, направлена въ Большую Катавотру. Такимъ образомъ было отвоевано вновь около 25,000 гектаровъ плодородной земли и болотистая мѣстность сдѣлалась вполнѣ здоровой.

Что касается происхожденія разсмотрѣнныхъ котловинъ, то по этому вопросу высказывались разнообразныя мнѣнія. Между прочимъ ихъ разсматривали, какъ долины, существовавшія въ то время, когда процессъ образованія складокъ не былъ еще законченъ. Своды, выдвинувшіеся на пути рѣкъ задержали ихъ теченіе и превратили въ озера. Дѣйствительно въ Босніи, Далмаціи и другихъ мѣстахъ мы находимъ въ такихъ котловинахъ богатые моллюсками прѣсноводныя отложенія конца третичнаго періода. Существованіе слѣдовъ дислокаціи въ области такихъ котловинъ заставляетъ предположить, что, благодаря образованію трещинъ, открылись пути для стока воды изъ озеръ. Впрочемъ къ катавотрамъ Греціи это объясненіе непримѣнимо, такъ какъ онѣ представляютъ типическіе котлообразные сбросы или провалы (Kesselbruche).

Известняковая область на сѣверномъ и восточномъ берегахъ Адріатическаго моря представляетъ немало и другихъ любопытныхъ явленій. Исчезновеніе цѣлыхъ рѣкъ или потеря ими значительной части воды легко объясняется благодаря присутствію трещинъ и подземныхъ пустотъ. Но одно изъ явленій, наблюдаемыхъ въ этой мѣстности, остается и въ настоящую минуту загадочнымъ. Мы говоримъ о такъ назы-

ваемыхъ „морскихъ мельницахъ“ (Meermühlen), достигающихъ значительнаго развитія около Аргостоли на Кефалоніи, одномъ изъ группы Іоническихъ острововъ, и въ слабой степени повторяющихся въ разныхъ мѣстахъ берега и между прочимъ близъ Фіуме. На островѣ Кефалоніи было замѣчено, что вблизи берега, но нѣсколько ниже уровня океана, морская вода въ изобиліи просачивается черезъ отверстія въ известняковой почвѣ. Одна изъ поглощающихъ трещинъ искусственно была превращена въ обширный бассейнъ; вслѣдствіе этого количество устремляющейся сюда воды увеличилось настолько, что потокомъ ея оказалось возможнымъ воспользоваться въ двухъ мѣстахъ для приведенія въ дѣйствіе мельничныхъ колесъ; общая масса воды, безслѣдно скрывающейся здѣсь въ землю, достигаетъ 200 милліоновъ кубическихъ метровъ въ годъ. Дѣлалась попытка опредѣлить ея дальнѣйшую судьбу: одни изслѣдователи предполагали, что эта вода проникаетъ гдѣ-то въ области питанія вулкановъ и тамъ превращается въ паръ; другіе думали, что вслѣдствіе энергичнаго испаренія подземныхъ водъ на Кефалоніи, морскія воды образуютъ на значительной глубинѣ горизонтъ, откуда уже и происходитъ притокъ воды внутрь. Но ни одно изъ этихъ допущеній нельзя признать удовлетворительнымъ: всего вѣроятнѣе догадка Вибеля, который сводитъ явленіе къ всасывающему дѣйствію подземнаго ключа.

Обычнымъ спутникомъ доллинъ является „красная земля“ (terra rossa), о происхожденіи которой мы говорили выше. Она собирается всюду, гдѣ форма поверхности не позволяетъ проточнымъ водамъ унести ее; поэтому обычнымъ мѣстомъ ея залеганія являются углубленія въ почвѣ—доллины, гдѣ она и скопляется въ огромныхъ массахъ. Въ нѣкоторыхъ каменистыхъ и безплодныхъ областяхъ на восточномъ берегу Адріатическаго моря красная земля является единственною плодородною почвой, которая съ выгодою воздѣлывается жителями: цѣнность ея такъ велика, что владѣлецъ неблагодарнаго поля выпрашиваетъ у сосѣда возъ плодоносной почвы, чтобы удобрить ею свою землю. Этотъ любопытный продуктъ вывѣтриванія чрезвычайно богатъ окислами желѣза; послѣдніе, выщелачиваясь водой, служатъ матеріаломъ для образованія бобовой и дерновой руды, которая въ Юрскихъ горахъ и въ Далмаціи разработывалась прежде въ большомъ количествѣ и шла на выработку желѣза; вслѣдствіе увеличившейся конкурренціи эта промышленность въ послѣднее время сильно упала.

Мѣстности, образованныя известняками, и въ частности окрестности Карста отличаются нерѣдко безплодіемъ; онѣ крайне бѣдны растительностью и особенно лѣсомъ. Это явленіе неоднократно пытались поставить въ связь съ характерными особенностями карстовыхъ областей и даже видѣли въ нихъ его причину. Но такая точка зрѣнія неправильна. Извѣстно, что въ прежнія времена пустынныя области Карста были покрыты густыми и роскошными лѣсами; послѣдніе были уничтожены самымъ безжалостнымъ образомъ въ теченіе двухъ тысячелѣтій; эти лѣса доставили матеріалъ для милліоновъ свай, на которыхъ держатся лагуны Венеціи со всѣми великолѣпными сооруженіями города; изъ этихъ же областей получался строевой лѣсъ для галеръ этой морской республики. Истрія и Далмація съ тѣхъ поръ совершенно лишились растительности. Но недостатокъ воды, своеобразныя доллины и исчезаніе ручьевъ и источниковъ въ подземныхъ ходахъ и пещерахъ всегда составляли особенности этихъ странъ. Доказательствомъ сказаннаго можетъ служить существованіе въ Крайнѣ и по настоящее время богатыхъ лѣсомъ участковъ, которые по своему безводію и по развитію своеобразныхъ формъ размыванія только немного уступаютъ совершенно безплоднымъ и каменистымъ участкамъ.

Тѣмъ не менѣе между отсутствіемъ лѣсовъ и свойствами карстовыхъ областей существуетъ извѣстная причинная связь. Голая известняковая почва съ трудомъ покрывается растительностью, если послѣдняя была однажды уничтожена; плодородная почва, которая тонкимъ слоемъ одѣваетъ скалы, быстро уносится водою. Разрушеніе же породы вслѣдствіе малаго содержанія въ нихъ силикатовъ и слабаго дѣйствія механическаго размыванія происходитъ очень медленно, и вновь образующаяся „красная земля“ тоже не остается на мѣстѣ. Такимъ образомъ причина безплодія

Рис. 305. Карстовая область близъ перевала Дуга въ Черногоріи.

карстовыхъ областей кроется въ томъ, что однажды уничтоженная растительность ихъ не можетъ возстановиться.

О безлѣсіи известняковыхъ областей можно уже судить по тѣмъ картинамъ, которыя развертываются передъ нами въ Франконской и Швабской Юрѣ, но даже самые дикіе участки этой мѣстности не даютъ правильнаго представленія о пустыняхъ, растилающихся вдоль береговъ Адріатическаго моря. Проѣзжая по желѣзной дорогѣ изъ Вѣны въ Тріестъ черезъ Истрію и Крайну, можно до нѣкоторой степени судить о безжизненности этихъ странъ: тощая каменистая почва, огромное множество разбросанныхъ тутъ и тамъ глыбъ и обширныя долины попадаются всюду, хотя неусыпныя заботы о разведеніи въ этихъ мѣстахъ лѣса нѣсколько смягчили дикость и суровость картины. Въ типичныхъ же карстовыхъ областяхъ на всемъ огромномъ протяженіи, куда только проникаетъ глазъ, не видно ни былинки, и всюду разстилаются голыя, изрѣзанныя трещинами каменистыя поля. Только огромнѣйшія пустыни земли превосходятъ эти мѣста своимъ безплодіемъ. Печально въ этихъ стра-

нахъ существованіе жителей: свѣжую воду приходится везти за цѣлыя мили, а поэтому во многихъ случаяхъ они довольствуются для питья грязными лужами; какой-нибудь клочекъ каменистой почвы съ слѣдами красной земли, гдѣ можно вырастить развѣ только одно оливковое дерево, составляетъ всю собственность здѣшняго земледѣльца.

Эти пустынныя равнины—родина грознаго сѣверо-восточнаго вѣтра, уничтожающаго все на своемъ пути и извѣстнаго подъ названіемъ „бора́“. Нерѣдко его стремительные порывы сбрасывали съ рельсъ цѣлые поѣзда; даже у подножія горъ, напр., въ Тріестѣ онъ достигаетъ такой силы, что при внезапномъ его наступленіи люди, находящіеся на улицахъ, должны искать твердой опоры, за которую можно было бы крѣпко ухватиться: иначе ураганъ сброситъ ихъ и даже перенесетъ на другое мѣсто.

Неоднократно изыскивались средства къ оживленію пустынныхъ известняковыхъ областей: единственный путь къ достиженію этой цѣли—разведеніе лѣсовъ въ самыхъ широкихъ размѣрахъ. Къ сожалѣнію, практическое рѣшеніе этой задачи встрѣчаетъ немало трудностей, требуетъ значительныхъ издержекъ, а въ нѣкоторыхъ областяхъ оказывается даже вовсе неосуществимымъ. Начинать засаживаніе надо съ простѣйшихъ малотребовательныхъ растеній, которыя могли бы воспрепятствовать смыванію уже существующей и вновь образующейся почвы, и только черезъ нѣкоторое время послѣ этого можно разводить деревья. Такой порядокъ культивированія известняковыхъ пустынь уже примѣняется въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ. При этомъ всѣ новыя попытки разведенія растительности пріурочиваютъ къ тѣмъ участкамъ, которые удалось уже кое-какъ засадить, такъ какъ здѣсь гибельное дѣйствіе бора́ проявляется не въ такой сильной степени. Но если даже обширныя пространства покроются лѣсомъ, то это еще не устранитъ всѣхъ золъ и, конечно, не сдѣлаетъ страны цвѣтущею и плодородною. Послѣдняго вовсе невозможно достигнуть, такъ какъ недостатокъ воды всегда будетъ существовать. Но и въ этомъ отношеніи разведеніе лѣсовъ принесетъ значительную долю пользы: растительный покровъ будетъ препятствовать просачиванію воды въ глубину, нѣкоторыя трещины закупорятся, и почва будетъ удерживать на поверхности извѣстное количество влаги. Положительная сторона всѣхъ описанныхъ мѣропріятій заключается въ ослабленіи опустошительныхъ дѣйствій бора́ и въ возможномъ устраненіи условій, которыя иначе придавали бы странѣ все болѣе дикій и безжизненный характеръ; благодаря этимъ мѣрамъ карстовыя области становятся сколько нибудь удобообитаемыми.

И такъ характерныя особенности известняковыхъ равнинъ заключаются въ слѣдующемъ: механическая дѣятельность воды выражена слабо, напротивъ химическое дѣйствіе ея проявляется въ сильной степени: вода просачивается въ глубину, гдѣ и сосредоточивается ея размывающая дѣятельность; слѣдствіемъ является образованіе пустотъ подъ землею и воронкообразныхъ углубленій на поверхности; наконецъ, сюда же слѣдуетъ присоединить образованіе красной земли и пустынный характеръ разсматриваемыхъ областей. Этимъ исчерпываются всѣ существенныя особенности известняковыхъ равнинъ, въ бо́льшей или меньшей степени обнаруживающіяся всюду. Онѣ измѣняются въ томъ или иномъ направленіи въ зависимости отъ строенія известняковъ, ихъ залеганія, степени и рода наблюдаемыхъ въ нихъ нарушеній. Но какъ бы различны ни были мѣстныя уклоненія, они во всякомъ случаѣ являются лишь видоизмѣненіемъ общаго типа. Такъ какъ разсмотрѣнныя явленія въ наиболѣе характерной формѣ наблюдаются въ окрестностяхъ Карста

(Краса), то отсюда всѣ подобныя области совершенно основательно называютъ *карстовыми*. Это названіе должно быть также распространено и на франконско-швабскую Юру, гдѣ въ слабой степени повторяются тѣ же явленія.

Несмотря на всю свою характерность, особенности карстовыхъ областей—явленія въ общемъ недолговременныя. Какъ показалъ Мойсисовичъ, воды, циркулирующія подъ землею, вслѣдствіе обвала прикрывающихъ ихъ породъ, должны обнажиться, но врядъ ли это случится прежде, чѣмъ будутъ вполнѣ разрушены и унесены нижележащія массы известняковъ. Съ полнымъ основаніемъ можно допустить, что швабско-франконская Юра была гораздо обширнѣе и представляла мощное карстовое плато, простиравшееся на сѣверъ и сѣверо-западъ. Вслѣдствіе размыванія, границы карстовой равнины съуживались, и тамъ, гдѣ когда то лежали известняковыя пустыни, нынѣ разстилаются цвѣтущія слегка холмистыя или совсѣмъ низменныя страны.

Лессовыя области.

Процессы размыванія въ карстовыхъ областяхъ представляютъ немало сходства съ тѣми же явленіями въ области желтаго лесса въ сѣверномъ Китаѣ. Обстоятельными свѣдѣніями объ особенностяхъ этой страны мы обязаны *Рихтгофену*. Лессъ, достигающій здѣсь мощнаго развитія, представляетъ глину весьма равномѣрнаго зерна съ подмѣсью песку и углекислой извести; на всемъ своемъ протяженіи онъ прорѣзывается тонкими отвѣсными волосными трубочками и проявляетъ сильно выраженную наклонность къ образованію вертикальныхъ отдѣльностей и трещинъ (см. рис. 306). Характерной для осадочныхъ породъ слоистости не замѣчается; только на значительныхъ разстояніяхъ видны прослои известковыхъ конкрецій, такъ называемыхъ „журавчиковъ“ (Lössmännchen).

Нѣсколько большихъ рѣкъ Китая прорѣзали въ этихъ глинистыхъ массахъ свои ложа, но въ общемъ здѣсь чувствуется недостатокъ воды на поверхности: огромныя массы ея по тонкимъ волоснымъ трубочкамъ просачиваются въ глубину. Не взирая на это, вся мѣстность прорѣзана глубокими ущельями; послѣднія обязаны своимъ происхожденіемъ размыванію, которое дѣйствовало снизу и постепенно вело къ обваламъ кровли подземной рѣки. Если въ массахъ лесса отсутствовали прослои известняковыхъ конкрецій, то вслѣдствіе наклонности породы къ образованію вертикальныхъ отдѣльностей произошли ущелья съ отвѣсными стѣнами. Каждый же прослой „журавчиковъ“ обусловливаетъ образованіе плоской горизонтальной ступени, надъ которою дальше опять возвышается стѣна; такимъ образомъ слагаются системы террассъ, не имѣющія ничего себѣ подобнаго во всемъ свѣтѣ. Развитіе этихъ ущелій въ длину носитъ чрезвычайно своеобразный характеръ. Если мы возьмемъ на себя трудъ прослѣдить одно изъ нихъ до самаго верховья, то найдемъ слѣдующее: въ нѣкоторыхъ мѣстахъ кровля не успѣла еще обвалиться, и, благодаря этому, ущелье переходитъ въ короткій закрытый сверху туннель; иногда породы, прикрывающія его, прорываются, и въ такомъ случаѣ въ потолкѣ образуется узкое отверстіе въ родѣ дымовой трубы—„лессовый колодецъ“ (Lössbrunnen); черезъ него виднѣется клочекъ голубого неба. Огромное множество ущелій (см. рис. 307) и крутизна ихъ стѣнъ придаетъ лессовой области много причудливаго и своеобразнаго. Вотъ что пишетъ *Рихтгофенъ:* „Когда я прибылъ въ область Пингиангфу, стояла страшная засуха, препятствовавшая всходу посѣвовъ. Вмѣсто обычной цвѣтущей долины предо мною разсти-

лалась голая, однообразно желтая пустыня. Воздухъ былъ чистъ и прозраченъ, и, повидимому, на далекомъ разстояніи возможно было замѣтить всякую неровность почвы; если не считать расположенныхъ вблизи ущелій, то вся поверхность равнины представлялась до того гладкой, что цѣлый полкъ кавалеріи могъ бы промчаться здѣсь во весь опоръ. Но впечатлѣніе слишкомъ обманчиво: трудно вообразить себѣ менѣе проходимую мѣстность; здѣсь собьется съ пути даже пѣшеходъ, если не будетъ держаться проторенной дороги; въ лабиринтѣ безконечныхъ ущелій пробираться несравненно труднѣе, чѣмъ среди скалъ и утесовъ. Если путешественникъ направитъ свой путь вдоль рѣки, про-

Рис. 306. Стѣны лесса на берегу р. Хуан-Хэ (Гоанго). (По Рихтгофену.)

рѣзавшей въ лессѣ глубокое ложе, то скоро встрѣтитъ цѣлую систему большихъ и малыхъ тѣснинъ, которыя слѣва и справа соединяются съ главнымъ ущельемъ. Направившись по любому изъ нихъ, находишь опять цѣлую сѣть развѣтвленій, которыя преграждаютъ дальнѣйшій путь; у самыхъ верховьевъ эти безчисленныя пропасти зіяютъ въ видѣ трещинъ въ 30—50 футовъ глубиною и 3—6 футовъ шириною. Если еще разъ довѣриться обманчивой гладкости равнины и, оставивъ берегъ рѣки, искать дорогу въ другомъ направленіи,—то и тутъ скоро очутишься на краю глубокой непроходимой рытвины; повернувъ въ сторону, встрѣчаешь опять развѣтвленія и все болѣе и болѣе уклоняешься отъ намѣченнаго пути. Сѣть глубокихъ рытвинъ, кажется, не имѣетъ конца, и если слѣдовать дальше по ея безчисленнымъ вѣтвямъ, то не трудно и совсѣмъ заблудиться въ ихъ лабиринтѣ. Вернувшись на прежнее мѣсто, путешественникъ пробуетъ, нельзя ли пройти внизъ по рѣкѣ, но здѣсь онъ скоро достигаетъ скалистаго выступа на мѣстѣ встрѣчи двухъ ущелій. Съ трудомъ спускается онъ по террассамъ внизъ, но, добравшись до послѣдняго уступа, видитъ отвѣсную стѣну, которая падаетъ на дно ущелья.

„Если бы лессъ обладалъ одинаковымъ строеніемъ на протяженіи всей своей толщи, то образованныя имъ мѣстности были бы совершенно непроходимы, и стѣны ущелій падали бы сюда отвѣсными стѣнами до 1000 фут. вышиною. Но присутствіе въ лессѣ мергелистыхъ конкрецій умѣряетъ рѣзкія черты этой картины, и вертикальныя стѣны рытвинъ распадаются на террассовидные уступы; надъ каждою изъ ступеней этой гигантской лѣстницы громоздится новая стѣна, и верхній край ея, благодаря новому известковому прослою, образуетъ слѣдующій уступъ. Разрушеніе этихъ стѣнъ происходитъ весьма медленно, такъ какъ здѣсь нѣтъ благопріятныхъ условій для стока воды; изрѣдка падающія глыбы скопляются у подножія уступовъ; дождь разрыхляетъ эти обломки, а земледѣлецъ распредѣляетъ ихъ по поверхности всей террассы, которая покрывается слоемъ плодородной почвы. Если въ лѣтнее время года смотрѣть сюда сверху, то на всемъ пространствѣ видны зеленѣющія поля, но стоитъ спуститься внизъ, въ глубину ущелья, и передъ глазами изумленнаго зрителя выступаютъ обнаженныя стѣны желтаго лесса, только на верхнемъ краю окаймленныя полосою зеленой растительности“.

Рис. 307. Лессовое ущелье въ Китаѣ. (По Рихтгофену.)

„Благодаря этимъ особенностямъ, лессовая область носитъ чрезвычайно пестрый характеръ. Съ крутыхъ береговъ ущелій развертываются однѣ картины, на днѣ ихъ—другія. Тысячи новыхъ неожиданныхъ комбинацій, полныя очаровательной прелести и фантастической причудливости, тутъ и тамъ открываются передъ глазами пораженнаго путешественника. Особенно своеобразны виды на перекресткѣ нѣсколькихъ ущелій, гдѣ громоздится множество лессовыхъ столбовъ до 100 фут. высотою; съ каждой стороны выступаютъ террассы, и все заканчивается остроконечнымъ ребромъ, съ грудами обломковъ у его основанія. Мѣстами приходится идти по дорогѣ, которую сама природа проложила между отвѣсными стѣнами лесса; нельзя не поражаться, находя въ послѣднихъ отверстія, устроенныя для стока дождевой воды; въ ущельѣ, ограниченномъ высокими стѣнами, которыя вверху покрыты растительностью, такая излишняя предосторожность совсѣмъ лишена смысла. Идя далѣе, съ удивленіемъ замѣчаешь, что дорога идетъ по краю пропасти, и одна изъ ея стѣнъ свободно стоитъ надъ глубокимъ обрывомъ: въ ней пробито отверстіе,—что то вродѣ окна; отсюда виденъ весь хаосъ этой дикой мѣстности, гдѣ тысячи остроконечныхъ высту-

повъ желтаго лесса, отдѣляютъ другъ отъ друга безчисленное множество тѣснинъ. Направляясь дальше, путешественникъ достигаетъ конца этой дороги; она круто падаетъ внизъ или подымается вверхъ, стѣны ея вдругъ обрываются, и съ обѣихъ сторонъ раскрываются безконечно развѣтвленныя желтыя пропасти.

„Въ сѣверныхъ областяхъ Китая милліоны людей живутъ въ пещерахъ, прорытыхъ ими въ лессѣ. Они устраиваются у подножія отвѣсныхъ стѣнъ или на ихъ террассахъ. По опыту жители легко находятъ мѣста, гдѣ лессъ обладаетъ достаточною крѣпостью. Пещера прокапывается въ горизонтальномъ направленіи у основанія стѣны и открывается наружу широкими воротами; отсюда ее расширяютъ въ обѣ стороны, оставляя снаружи нетронутымъ слой лесса, который и образуетъ внѣшнюю стѣну жилища. Большинство пещеръ состоитъ изъ нѣсколькихъ комнатъ; наружная дверь ведетъ въ одну изъ нихъ, въ тонкихъ стѣнахъ другихъ продѣланы окна. Изъ известковыхъ конкрецій, находимыхъ въ лессѣ, приготовляется цементъ, которымъ оштукатуриваются стѣны и смазываются бока оконъ и дверей. Этимъ сообщается жилищу прочность, сухость и уютность. Подобныя сооруженія нерѣдко передаются изъ поколѣнія въ поколѣніе и служатъ одной семьѣ въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій. Проѣзжая по границѣ Монголіи, ежедневно встрѣчаешь цѣлыя селенія, ютящіяся въ лессѣ (см. рис. 308). Среди цвѣтущихъ, хорошо обрабатываемыхъ полей часто нельзя найти ни одного дома. Тщетно спрашиваетъ себя путешественникъ, гдѣ живутъ люди, воздѣлавшіе эти нивы; но достигнувъ лессовой стѣны, которая ограничиваетъ долину, онъ перестаетъ недоумѣвать: здѣсь все копошится, точно въ разрушенномъ муравейникѣ, и изъ желтыхъ уступовъ лесса поминутно выбѣгаютъ люди“.

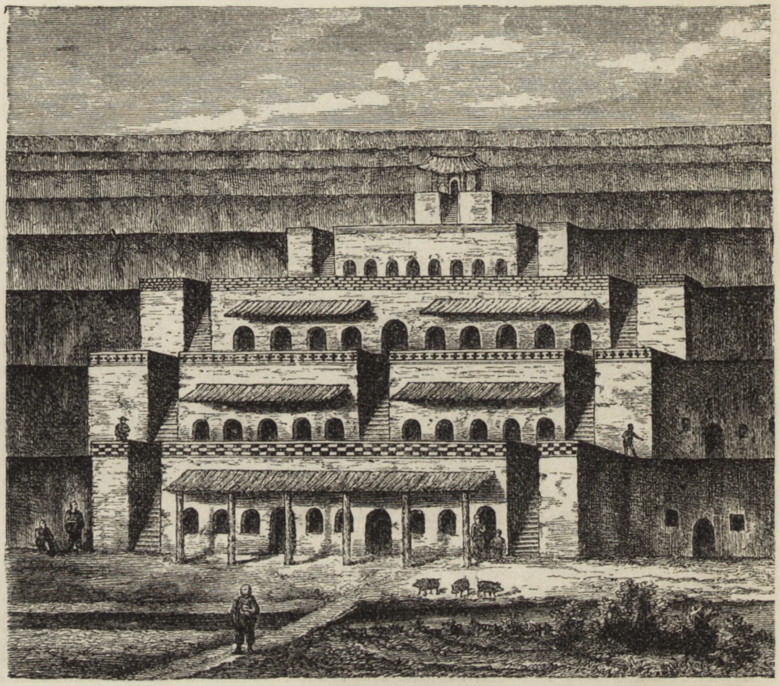


Рис. 308. Лессовыя жилища въ Китаѣ. (По Рихтгофену.)

Ни въ одной изъ другихъ странъ лессъ не достигаетъ такого мощнаго распространенія, какъ въ Китаѣ; въ области р. Рейна, въ Дунайской низменности и другихъ мѣстахъ онъ развитъ гораздо слабѣе. Вмѣстѣ съ тѣмъ здѣсь отсутствуютъ и характерныя особенности лессовыхъ областей, хотя всюду остается наклонность къ образованію отвѣсныхъ стѣнъ и ущелій.

Рѣчныя террассы.

На рядѣ различныхъ примѣровъ мы познакомились съ разрушительною дѣятельностью рѣкъ, разсмотрѣли способы происхожденія долинъ и прослѣдили, какъ распространяется размываніе отъ основанія къ вершинамъ горъ. Эта дѣятельность рѣкъ протекаетъ не всегда равномѣрно, и періоды быстраго разрушенія смѣняются про-

Рис. 309. Долина въ известняковыхъ горахъ близъ Галля въ Тиролѣ.

межутками болѣе медленной работы; послѣднее доказывается существованіемъ въ рѣчныхъ долинахъ такъ называемыхъ *террассъ*. Эти образованія, наблюдаемыя по обѣимъ сторонамъ ложа рѣки, не могутъ быть приписаны размыванію; они не имѣютъ ничего общаго съ тѣми террассами, которыя мы находимъ на краяхъ возвышенныхъ равнинъ, напр., въ Швабско-Франконскомъ Альбѣ, и съ которыми мы встрѣтимся еще при описаніи Сахары.

Каждая террасса, говоря вообще, является *остаткомъ прежняго дна* рѣки, которое было разрушено вслѣдствіе дальнѣйшаго распространенія размыванія въ глубину. Съ поразительною ясностью выступаютъ эти террассы въ Альпахъ, въ нижнихъ частяхъ долины Инна и въ ея боковыхъ развѣтвленіяхъ. Такъ, напр., у Галля, ниже Иннсбрука, возвышаются по обѣимъ сторонамъ ложа довольно крутые лѣсистые склоны; поднявшись на высоту до 350 метровъ, мы достигаемъ широкой ровной площадки, гдѣ располагается нѣсколько мѣстечекъ съ окружающими ихъ полями; только позади этой небольшой равнины возвышаются цѣпи древнихъ породъ (см.

рис. 309). Терраса состоитъ изъ валунныхъ отложеній, песку и глины, принесенныхъ въ ледниковую эпоху водами Инна и происходящихъ изъ моренъ, которыя были размыты этой рѣкою. Ложе р. Инна лежало въ то время на 350 метровъ выше, чѣмъ теперь, и долина его простиралась отъ сланцевыхъ горъ на югѣ до известняковыхъ возвышенностей на сѣверѣ. Позднѣе Иннъ углубилъ свою долину и спустился до современнаго уровня, по берегамъ же его остались террасы, свидѣтельствующія о высотѣ дна этой рѣки въ диллювіальную эпоху.

Рис. 310. Террасы рѣки Фразера въ Колумбіи (Сѣв. Америка).

Террасы не всегда состоятъ изъ древнихъ рѣчныхъ отложеній; нерѣдко онѣ образованы твердой породой, на поверхности которой только иногда лежитъ тонкій слой наносовъ. Часто громоздится нѣсколько террасъ одна надъ другой, и всѣ онѣ представляютъ остатки древняго дна рѣки, понижавшагося въ нѣсколько пріемовъ; каждая изъ такихъ террасъ свидѣтельствуетъ о періодѣ ослабленія размывающей дѣятельности, объ остановкѣ углубленія ложа. Нагляднымъ примѣромъ такихъ повторныхъ террасъ можетъ служить рис. 310, гдѣ изображена часть рѣки Фразера въ Колумбіи. Само собою разумѣется, что далеко не во всѣхъ мѣстахъ террасы выражены такъ прекрасно; часто онѣ представляютъ сравнительно низкіе и нѣсколько смытые уступы; но форма террасъ во всѣхъ случаяхъ настолько характерна, что при нѣкоторой внимательности позволяетъ легко отмѣтить ихъ присутствіе. Даже въ лабиринтѣ улицъ большихъ городовъ замѣчаются иногда

внезапные уступы, происхожденія которыхъ не могутъ объяснить мѣстные жители; часто въ нихъ не трудно признать настоящія рѣчныя террассы *).

Особенно поучительны въ этомъ отношеніи возвышенныя долины Альпъ, гдѣ террассы достигаютъ иногда значительнаго развитія. Поднимаясь по такой долинѣ, мы скоро находимъ ровную площадку, затѣмъ опять слѣдуетъ уступъ, а за нимъ новая площадка; такимъ образомъ можно прослѣдить цѣлую систему террассъ, возвышающихся одна надъ другою. Эти террассы выступаютъ не только въ продольномъ профилѣ рѣки, но могутъ быть подмѣчены и по берегамъ ея. Каждая отдѣльная ступень, обрываясь на днѣ долины, идетъ въ видѣ продольной террассы и отчетливо выступаетъ въ нижнихъ частяхъ рѣки. Отсюда ясно, что каждая изъ отдѣльныхъ площадокъ составляли нѣкогда дно долины, которое было потомъ размыто рѣкой, углубившей свое ложе. Чрезвычайно любопытенъ слѣдующій фактъ: въ каждой системѣ сообщающихся долинъ число и высота террассъ всюду одни и тѣ же, наоборотъ, въ разныхъ системахъ рѣкъ наблюдаются въ этомъ отношеніи значительныя различія. Впрочемъ, изслѣдованія по этому вопросу не настолько закончены, чтобы приведенному положенію можно было придавать общій характеръ; но всѣ сдѣланныя до сихъ поръ наблюденія вполнѣ оправдываютъ его. Изученіемъ террассъ занимались Бодмеръ, Геймъ и Штапффъ въ Швейцаріи; кромѣ того, цѣлый рядъ изслѣдователей производилъ наблюденія въ другихъ мѣстахъ Альпъ; всѣ эти работы имѣютъ огромное значеніе. Такъ, напр., Геймъ показалъ, что въ различныхъ частяхъ нѣкоторыхъ сосѣднихъ долинъ террассы лежатъ на слѣдующей высотѣ:

ТЕРРАССЫ	Область Рейсса	Высота обрыва	Область Линта	Высота обрыва	Область Рейна	Высота обрыва
	метры	метры	метры	метры	метры	метры
Первая террасса . . .	450— 550	350	600— 800	450	700—1000	550
Вторая террасса . . .	600— 700	450	1000—1300	750	1300—1500	450
Третья террасса . . .	1000—1200	350	1800—2000	550	1800—1900	200
Четвертая террасса . .	1300—1600	500	2400—2500	450	2000—2100	350
Пятая террасса . . .	1900—2000		2800—3000		2400	

Существованіе террассъ у большинства рѣкъ рѣзко бросается въ глаза, но *происхожденіе ихъ* во многихъ отношеніяхъ остается неяснымъ. Вообще можно сказать, что террасса соотвѣтствуетъ остановкѣ въ развитіи долины или отмѣчаетъ

*) Прекрасный примѣръ продольныхъ террассъ представляетъ р. Арпачай у Киссилкилисса. Здѣсь наблюдаются на берегахъ три прекрасно выраженныхъ уступа: нижній образованъ фонолитовою лавой, средній — песчаниковиднымъ трахитовымъ туфомъ и верхній — пористою базальтовою лавой. Иногда террассы существуютъ только съ одной стороны; примѣромъ можетъ служить правый берегъ Волги къ сѣверу отъ Балахны; здѣсь мы находимъ три террассы: первыя двѣ подымаются непосредственно надъ поймой, покрытой множествомъ старицъ, озеръ, болотъ и песчаныхъ „гривъ", и состоятъ изъ рѣчныхъ наносовъ; самая же верхняя террасса, на краю которой раскинулась деревня Аѳанасьевка, представляетъ древній берегъ, образованный коренными породами. Большинство нашихъ рѣкъ (за исключеніемъ самыхъ мелкихъ) имѣетъ такъ называемыя „надлуговыя" террассы; онѣ представляютъ вторые берега и обыкновенно состоятъ изъ аллювіальныхъ образованій; все пространство, заключенное между этими террассами и называемое поймой или лугомъ, заливается въ половодье; въ меженное время оно представляетъ низину, покрытую старыми руслами, озерами и болотами, размѣры которыхъ различны. Къ числу наиболѣе болотистыхъ заливныхъ долинъ принадлежатъ, напр., днѣпровскіе плавни и донскія займища.
Прим. перев.

моментъ загроможденія рыхлыми массами прорытаго уже ложа. Но каковы были тѣ силы, которыя вызвали то и другое явленіе, — въ настоящее время рѣшить очень трудно.

Конечно, нельзя и пытаться объяснить всѣ террассы однимъ способомъ: онѣ образуются вслѣдствіе періодическихъ измѣненій силы потока; поэтому должно существовать столько же причинъ ихъ возникновенія, сколько существуетъ дѣятелей, производящихъ такія измѣненія.

Если поперекъ рѣчной долины простирается свита твердыхъ, трудно вывѣтривающихся пластовъ, то размывающая дѣятельность потока понижается, а вмѣстѣ съ тѣмъ замедляется и образованіе террассъ. То-же должно произойти, если рѣка встрѣтитъ на своимъ пути какое-либо другое препятствіе, напр., если она будетъ загромождена обваломъ; въ послѣднемъ случаѣ создается естественная плотина, и рѣка, остановленная въ своемъ движеніи, начинаетъ отлагать выше ея гальки, гравій и песокъ; когда временная запруда будетъ прорвана, эти отложенія выступаютъ въ видѣ террассы. Примѣромъ описаннаго явленія можетъ служить обвалъ у Флимса въ Граубюнденѣ (стр. 466). Такое же дѣйствіе можетъ произвести многоводный притокъ, несущій огромныя массы твердыхъ частей и отлагающій ихъ при впаденіи въ главную рѣку; изліяніе лаваго потока ведетъ къ тѣмъ же послѣдствіямъ. Наконецъ, по одной изъ боковыхъ долинъ можетъ спуститься въ рѣку глетчеръ и загромоздить ее массами льда и моренныхъ отложеній. Многія террассы у береговъ Гренландіи и въ ѳіордахъ Норвегіи возникли такимъ именно способомъ: наконецъ, и такъ называемые „сетеры“ (см. стр. 405) представляютъ замѣчательный примѣръ образованія террассъ вслѣдствіе запруды долинъ, производимой массами глетчернаго льда. Горообразующіе процессы, — появленіе складокъ и сбросовъ, простирающихся поперекъ промытой уже долины, — также влекутъ за собою образованіе террассъ. Складка, выдвинувшаяся среди рѣки, задерживаетъ движеніе потока; то же производитъ и сбросъ, если опустившееся крыло его соотвѣтствуетъ верхней половинѣ рѣки; и въ томъ и въ другомъ случаѣ размывающая дѣятельность потока ослабѣваетъ, и начинается отложеніе твердыхъ частей. Иначе дѣйствуетъ сбросъ, когда опустившееся крыло его соотвѣтствуетъ нижнимъ частямъ долины: въ этомъ случаѣ размываніе усиливается, и ложе быстро углубляется; съ теченіемъ времени прежнее дно образуетъ самую высокую изъ рѣчныхъ террассъ.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что описанные процессы могутъ вести къ образованію террассъ, и что послѣднія во многихъ случаяхъ, дѣйствительно, произошли однимъ изъ указанныхъ путей. Но всѣ до сихъ поръ разсмотрѣнныя явленія имѣютъ ограниченное, мѣстное распространеніе. Если мы расширимъ кругъ нашихъ наблюденій, то увидимъ, что террассы повторяются съ извѣстною правильностью не только въ средней Европѣ, но также въ Азіи, Сѣверной Америкѣ и другихъ мѣстахъ; это заставляетъ предположить, что и причины, ихъ вызвавшія, носили общій характеръ и дѣйствовали на протяженіи значительной части земного шара. Эти причины можно было бы искать въ вѣковыхъ поднятіяхъ и осѣданіяхъ материковъ и въ колебаніи уровня океана, Если происходитъ осѣданіе значительныхъ пространствъ суши, уклонъ всѣхъ рѣкъ уменьшается, размываніе сосредоточивается въ верхнихъ ихъ частяхъ, а въ низовьяхъ происходитъ накопленіе осадковъ и повышеніе ложа. При поднятіи материка должны произойти обратныя

явленія: въ этомъ случаѣ уклонъ всѣхъ рѣкъ увеличивается, и дѣятельность ихъ всюду направляется на углубленіе долинъ. Прекраснѣйшій примѣръ такого рода былъ приведенъ выше, гдѣ мы говорили о древнихъ береговыхъ линіяхъ Скандинавскаго полуострова, стоящихъ въ связи съ рѣчными террассами этой мѣстности; весьма возможно, что цѣлый рядъ подобныхъ образованій долженъ быть объясненъ тѣмъ же способомъ. Но было бы глубокимъ заблужденіемъ думать, что въ этихъ процессахъ и кроется общая причина образованія террассъ. Если бы Нѣмецкое море поднялось въ настоящую минуту на 50 метр., то это не отразилось бы вовсе на альпійскихъ частяхъ р. Рейна: выше пороговъ въ сланцевыхъ горахъ и выше города Базеля были бы замѣтны лишь самыя слабыя послѣдствія этого явленія, а по ту сторону Шафхгаузенскаго водопада и Боденскаго озера не произошло бы никакихъ измѣненій. Чтобы найти удовлетворительныя объясненія террассъ, надо было бы допустить общее поднятіе Альпъ и даже всей Европы; но тутъ мы встрѣчаемъ новое затрудненіе: въ альпійскихъ рѣкахъ мы наблюдаемъ не только повышеніе и ослабленіе размыванія, но можемъ отмѣтить также періоды усиленнаго образованія наносовъ, и для объясненія послѣднихъ необходимо допустить періодическое осѣданіе Альпъ. Пенкъ пишетъ: „Нерѣдко наносныя валунныя отложенія подымаются до самой террассы, другими словами, ихъ мощность равна высотѣ террассы. Въ виду этого террассы не могутъ быть разсматриваемы просто какъ остатокъ размытаго ложа, отмѣчающій лишь остановку въ размытіи долины; онѣ должны быть объяснены слѣдующимъ образомъ: когда долина достигла нынѣшней ея глубины, рѣка стала усиленно отлагать наносы, которые и загромоздили ея ложе до высоты наблюдаемыхъ теперь террассъ; послѣ этого потокъ снова углубилъ свою долину до прежняго уровня, а промытыя имъ галечныя отложенія образовали террассы“. Эти слова относятся, между прочимъ, къ долинѣ р. Инна съ ея огромными террассами, а потому всякая попытка связать происхожденіе послѣднихъ съ процессами поднятія альпійской области должна быть признана неудовлетворительной.

Существенныя измѣненія въ жизни и дѣятельности рѣкъ происходятъ подъ вліяніемъ *метеорологическихъ причинъ*. Во время ливней, наводняющихъ рѣки, переносная дѣятельность послѣднихъ возрастаетъ не пропорціонально увеличенію количества воды, а значительно сильнѣе. Этимъ и объясняются тѣ грозныя катастрофы, которыя происходятъ въ горныхъ областяхъ (см. стр. 470). Ручьи несутъ огромныя количества щебня и галекъ и низвергаютъ ихъ въ долину; нужны цѣлыя тысячелѣтія, чтобы рѣка, протекающая здѣсь, промыла ихъ мощныя накопленія. Если вслѣдствіе климатическихъ измѣненій усилится выпаденіе атмосферныхъ осадковъ, то всѣ огромные запасы щебня и обломковъ, скоплявшіеся въ горахъ въ теченіе долгаго времени, будутъ унесены въ долины и загромоздятъ ложе рѣки. Такимъ образомъ и можетъ произойти то накопленіе рыхлыхъ отложеній, которое во многихъ случаяхъ является необходимымъ условіемъ образованія террассъ. Когда климатъ снова пріобрѣтетъ прежнюю сухость, рѣки промоютъ загромождающія ихъ путь массы и углубятъ русло до прежняго уровня.

Причину такого измѣненія климата можно искать въ наступленіи ледниковой эпохи (см. стр. 407). Еще недавно послѣднюю считали эпизодомъ, который только однажды нарушилъ правильное теченіе жизни земли и на протяженіи извѣстнаго времени былъ непрерывнымъ, но новѣйшія изслѣдованія показали, что періоды

оледенѣнія неоднократно смѣнялись болѣе теплымъ климатомъ: вслѣдъ за развитіемъ огромныхъ глетчеровъ и усиленнымъ выпаденіемъ атмосферныхъ осадковъ наступали болѣе теплые періоды отступанія ледниковъ. Каждое оледенѣніе сопровождалось образованіемъ мощныхъ ледниковыхъ наносовъ въ долинахъ рѣкъ, а въ послѣдовавшіе затѣмъ періоды отступанія ледниковъ рѣки опять углубляли свои ложа. Если допустить, что такое измѣненіе климата повторялось въ Альпахъ два или, — какъ думаютъ спеціалисты этого вопроса, — три раза, то существованіе трехъ террассъ въ областяхъ смежныхъ съ Альпами, найдетъ надлежащее объясненіе.

Весьма важнымъ доводомъ въ пользу такого объясненія террассъ служатъ результаты изслѣдованій, произведенныхъ въ области замкнутыхъ озеръ западной части Сѣверной Америки. Въ возвышенной части Великой Котловины между горами Уасачъ на востокѣ, Сіерра-Невадой и Каскадными — на западѣ лежитъ множество не имѣющихъ стоковъ озеръ, среди которыхъ наибольшей величины достигаетъ Большое Соляное озеро. Въ ледниковую эпоху уровень этого озера стоялъ на цѣлыхъ 300 метровъ выше, чѣмъ теперь, и воды его сливались въ одно цѣлое съ сосѣдними озерами, образуя обширное Бонневильское озеро. Многія изъ озеръ, располагающихся вблизи хребта Сіерра-Невады, также соединялись въ общій резервуаръ и составляли озеро названное Лаконтанскимъ. Существующія и теперь одинокія озера Моно и Оуэна также обладали высокимъ уровнемъ водъ. Въ многочисленныхъ прекрасно сохранившихся береговыхъ террассахъ этихъ озеръ видны слѣды прежняго уровня; изслѣдуя эти линіи, американскіе ученые пришли къ заключенію, что уровень всѣхъ названныхъ выше озеръ поднимался два раза. Періодъ перваго повышенія былъ продолжительнѣе, но соотвѣтствующій ему уровень воды былъ на 27,5 метр. ниже, чѣмъ при второмъ повышеніи. Въ промежуткѣ между этими двумя періодами господствовалъ настолько теплый и сухой климатъ, что озера совершенно высохли. Морены трехъ глетчеровъ, спускавшихся съ горъ Уасачъ, достигали области Бонневильскаго озера; сюда же заходили языки ледниковъ, принадлежавшихъ горамъ Сіерра-Невады. Такимъ образомъ между повышеніемъ уровня водъ въ озерахъ и оледенѣніемъ всего края существуетъ зависимость и по времени и по мѣсту.

Изслѣдованія показали, что не только самое теченіе ледниковой эпохи одинаково и въ Европѣ и въ Америкѣ, но что въ общемъ сходны и послѣдствія, происшедшія въ той и другой части свѣта. Отсюда съ большимъ вѣроятіемъ можно допустить, что происхожденіе рѣчныхъ террассъ стоитъ въ связи съ измѣненіемъ климата во время ледниковой эпохи.

Перемѣщеніе русла рѣкъ.

Явленія въ нижней части рѣки, т.-е. тамъ, гдѣ происходитъ отложеніе осадковъ, существенно отличаются отъ до сихъ поръ разсмотрѣнныхъ. Здѣсь рѣка уже не углубляетъ своей долины, но продолжаетъ еще дѣйствовать на берега, — подмываетъ ихъ, производитъ обвалы и расширяетъ свое ложе. Необходимо отличать ложе рѣки во время низкаго стоянія водъ (меженя) отъ такъ называемаго луга или займища (Inundations oder Uberscheminungsgebiet), заливаемаго во время половодья. Такое расширеніе ложа является слѣдствіемъ перемѣщенія русла въ сторону, иногда очень значительнаго. Послѣднее можетъ происходить подъ вліяніемъ мощнаго

притока, несущаго обильныя массы осадковъ и вызывающаго образованіе змѣевидныхъ искривленій въ направленіи главной рѣки. Въ другихъ случаяхъ указать причину такихъ нарушеній весьма затруднительно, но размываніе предпочтительно одного только берега, который дѣлается все болѣе крутымъ, наблюдается весьма часто. Господствующіе вѣтры, особенно во время весенняго половодья, играютъ въ этомъ процессѣ, безъ сомнѣнія, важную роль, но объяснять ихъ дѣйствіемъ всѣ наблюдаемые случаи нѣтъ никакой возможности. Русскій изслѣдователь *Бэръ* замѣтилъ, что сибирскія рѣки, впадающія въ Ледовитый океанъ, подмываютъ преимущественно правые берега ихъ; причину явленія онъ искалъ во вращеніи земли около ея оси. Чѣмъ ближе къ экватору расположена данная точка, тѣмъ быстрѣе вращается она по направленію отъ запада къ востоку; всякая рѣка, протекающая въ сѣверномъ полушаріи съ юга, переходитъ въ широты, гдѣ скорость вращенія земли ослабѣваетъ; вслѣдствіе того избытка скорости, которая пріобрѣтена частицами воды въ верхнихъ частяхъ теченія, рѣка должна испытывать отклоненіе къ востоку и подмывать правый берегъ. Если въ томъ же полушаріи рѣка протекаетъ съ сѣвера на югъ, то подъ вліяніемъ указанной причины она будетъ уклоняться къ западу, т.-е. подмывать правый же берегъ. Наоборотъ, въ южномъ полушаріи всѣ рѣки будутъ отклоняться въ противоположную сторону. Отсюда *законъ Бэра* можно выразить слѣдующимъ образомъ: рѣки, текущія въ меридіальномъ направленіи, въ сѣверномъ полушаріи подмываютъ правые берега, въ южномъ — лѣвые. Законъ этотъ, вполнѣ правильный съ теоретической стороны, подтверждается рядомъ многочисленныхъ примѣровъ. Но во всякомъ случаѣ еще не рѣшено, достаточно ли слабаго вліянія земного вращенія для того, чтобы вызвать указанныя нарушенія въ дѣятельности рѣкъ, и не уничтожается ли это вліяніе другими противодѣйствующими силами; по этому выводы Бэра нельзя еще считать окончательными.

Рѣзкое различіе между размываніемъ праваго и лѣваго береговъ было замѣчено еще Палласомъ; во время своихъ путешествій по Европейской и Азіятской Россіи онъ обратилъ вниманіе, что у Волги, Оби, Енисея и Лены, — въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ эти рѣки текутъ по меридіональному направленію, — правый берегъ — крутой (нагорный), лѣвый — пологій (луговой); Палласъ объяснялъ это явленіе предпочтительнымъ размываніемъ правыхъ береговъ, но онъ не могъ отвѣтить на вопросъ, почему именно съ этой стороны разрушительное дѣйствіе рѣкъ достигаетъ наибольшей силы; недоразумѣніе было устранено Бэромъ, который не только подтвердилъ показанія Палласа цѣлымъ рядомъ наблюденій, но также нашелъ и общее теоретическое основаніе ихъ. Фактовъ, говорящихъ въ пользу подмыванія праваго берега, чрезвычайно много. По словамъ старожиловъ, между деревнями Югомъ и Сологузовой разрушительное дѣйствіе Волги на ея правый берегъ такъ сильно, что онъ уменьшился въ теченіе пяти лѣтъ около 50 саж. въ ширину. Размываніе берега Ветлуги достигаетъ 3 саженъ въ годъ; Сура у села Иванькова отрываетъ ежегодно полосу даже до 5 саженъ шириною и заставляетъ крестьянъ переносить ихъ постройки все дальше и дальше отъ берега; нѣкоторыя изъ нихъ лѣтомъ 1884 года уже наполовину висѣли надъ рѣкой. Въ нѣсколькихъ верстахъ отъ города Горбатова, на правомъ берегу Оки, находится деревня Сосновка, прежнее мѣсто которой вслѣдствіе размыва лежитъ даже на лѣвой сторонѣ рѣки. На возвышенномъ правомъ берегу Волги, на протяженіи ея отъ Казани до Сарепты, разрушились постепенно, домъ за домомъ, до 23 селеній. Городъ Черный Яръ еще въ 1625 году былъ перенесенъ на другое болѣе безопасное мѣсто, вслѣдствіе происшедшихъ въ немъ разрушеній; но въ настоящее время Волга снова подступила къ нему

Подобныя же явленія наблюдаются и на рѣкѣ Аму-Дарьѣ; правый берегъ ея замѣтно подмывается; на немъ происходятъ постоянные обвалы и оползни. Разрушеніе идетъ особенно быстро въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ берегъ состоитъ изъ рыхлыхъ песчано-глинистыхъ пластовъ. По единогласному свидѣтельству туземцевъ около деревни Акъ-Кумъ разрушены недавно многія поселенія, отстоявшія отъ рѣки саженъ на 100—200, и на ихъ мѣстѣ рѣка имѣетъ нынѣ большую глубину; другія деревни близки къ разрушенію: отдѣльные дома свѣсились надъ рѣкой. „Это передвиженіе Аму-Дарьи причиняетъ страшныя бѣдствія туземному населенію. Размывая правый берегъ, въ особенности низменныя его части —

„тугаи“, рѣка не только разрушаетъ дома, цѣлыя селенія, пашни и проч., но она съуживаетъ и даже уничтожаетъ культурную полосу, которая и безъ того не широко протянулась вдоль рѣки, и на которую туземцы потратили немало труда, чтобы сдѣлать ее годною для жизни. Бѣда была бы еще не такъ велика, если бы туземцы, потерявъ дома, имѣли бы возможность выбрать тутъ же новое удобное мѣсто; но они лишены этой возможности; поэтому каждый уничтоженый клочекъ культурной земли ставитъ нѣсколько десятковъ жителей въ безвыходное положеніе: они должны сдѣлаться нищими, или же совсѣмъ выселиться“, (проф. *И. Леваковскій*).

Размывъ одного берега сопровождается отступленіемъ рѣчного русла съ противоположной стороны; вслѣдствіе этого расположенныя здѣсь поселенія все болѣе и болѣе удаляются отъ рѣки. Казань, находившаяся нѣкогда у самой Волги, нынѣ отстоитъ отъ нея на 3 версты, при чемъ въ городѣ сохранился старый берегъ. По показаніямъ путешественника Ибнъ Фослана, древніе Болгары находились въ X столѣтіи на самомъ берегу Волги и пользовались ея водою; въ настоящее время они отодвинулись на 8 верстъ, и все пространство, отдѣляющее ихъ отъ берега, покрыто теперь густымъ лѣсомъ.

Не менѣе интересенъ слѣдующій фактъ: по свидѣтельству Дженкинсона, въ XVI столѣтіи былъ судоходенъ самый восточный рукавъ Волги — Болда. Олеарій въ XVII столѣтіи указываетъ на Иванчугъ, какъ на рукавъ, судоходный въ его время. Въ царствованіе Петра Великаго судоходнымъ является уже Ярковское устье, а въ настоящее время Бахтемиръ, самый западный изъ всѣхъ перечисленныхъ рукавовъ. Этотъ любопытный фактъ указываетъ тоже на постепенное уклоненіе Волги въ правую сторону. Любопытно, что законъ Бэра подтверждается также и желѣзнодорожною практикой: оказывается, что въ сѣверномъ полушаріи правый рельсъ стирается, портится быстрѣе, чѣмъ лѣвый, — подобно рѣкамъ, поѣздъ при своемъ движеніи отклоняется вправо и съ большею силой давитъ на находящійся съ этой стороны рельсъ. По той же причинѣ чаще всего желѣзнодорожные поѣзда сходятъ въ правую сторону.

Огромное значеніе имѣетъ и другой процессъ перемѣщенія ложа, наблюдаемый у большинства русскихъ рѣкъ. Одною изъ особенностей послѣднихъ являются многочисленныя змѣевидныя искривленія (см. выше), которыя обусловливаются въ однихъ случаяхъ самымъ рельефомъ мѣстности, въ другихъ — различіемъ прочности и стойкости породъ, образующихъ долину. Такимъ именно змѣевиднымъ направленіемъ характеризуются всѣ небольшія рѣки южной Россіи. Прослѣдить дальнѣйшія послѣдствія этого искривленія представляетъ для насъ особенный интересъ. Вслѣдствіе отклоненія отъ прямой линіи сила потока измѣняется неодинаково съ правой и съ лѣвой стороны, и у выпуклаго берега теченіе становится болѣе замедленнымъ, чѣмъ у вогнутаго; это влечетъ за собою дальнѣйшія нарушенія: въ мѣстахъ ускореннаго теченія рѣка проявляетъ размывающую дѣятельность, и наоборотъ, гдѣ быстрота потока падаетъ, происходитъ отложеніе; поэтому вогнутые берега становятся все круче („яръ“), а у выпуклыхъ накопляются мели („песокъ“). Подмывая первые, рѣка уменьшаетъ разстояніе между двумя зигзагами и, наконецъ, при разливахъ прорываетъ совсѣмъ отдѣляющій ихъ перешеекъ; русло выпрямляется: по новому кратчайшему пути рѣка устремляется съ большею силою, а старое русло замираетъ и образуетъ рукавъ, такъ называемую *„старицу“*. Такъ какъ въ старицѣ теченіе сильно замедлено, то въ томъ мѣстѣ, гдѣ она отдѣляется отъ рѣки, происходитъ накопленіе наносовъ, которые, наконецъ, совсѣмъ отгораживаютъ слѣпой рукавъ: получая питаніе только въ половодье, старицы превращаются въ рѣчныя озера и даже болота. Слѣды этихъ мѣстныхъ измѣненій можно найти у всѣхъ рѣкъ, протекающихъ по низменностямъ, напр., у Ветлуги, Волги, Десны, Дона, Оки и др. Отчетливо выражены они въ долинѣ Волги у Владиміровки, гдѣ между невысокими, точно очерченными берегами мы находимъ чрезвычайно сложную сѣть руселъ, старицъ, озеръ, болотъ, острововъ и пр. То же самое наблюдается и у Енотаевска (см. любопытныя карты проф. Богуславскаго въ статьѣ его „Волга, какъ путь сообщенія“. Сб. Инст. Инж. Пут. Сообщ. Имп. Александра I. Вып. IX, 1887).

Есть указанія, что рѣки совершаютъ неоднократно передвиженія то въ ту, то въ другую сторону въ однихъ и тѣхъ же мѣстахъ. Обрывы на правомъ берегу Алатыри въ нижней части ея теченія свидѣтельствуютъ, что прежде рѣка сильно размывала этотъ берегъ, теперь же она къ нему почти никогда не подходитъ. По правую сторону Оби, между Барнауломъ и Колыванью, тянется обширная песчаная равнина; мѣстами она поросла густымъ ивнякомъ, мѣстами покрыта роскошными поемными лугами и множествомъ старыхъ руселъ, доказывающихъ, что въ прежнія времена рѣка постепенно подвигалась на западъ. Нагорною стороною Оби является въ этомъ мѣстѣ лѣвый берегъ; но нынѣ рѣка отступила отъ него, и селенія, пріютившіяся у подошвы его обрывовъ, отстоятъ отъ рѣки версты на четыре.

Явленія предпочтительнаго размыванія то того, то другаго берега имѣютъ чрезвычайно большое значеніе: они объясняютъ происхожденіе чрезвычайно широкихъ долинъ, которыя иначе оставались бы совершенно непонятными. *Перев.*

Значительныя измѣненія претерпѣли рѣки сѣверной Германіи со времени ледниковой эпохи; какъ показали Берендтъ и Жирардъ, онѣ протекали тогда не въ сѣверномъ, а въ западномъ или западо-сѣверо-западномъ направленіи и въ области

нижней половины Эльбы соединялись въ общій потокъ, который несъ свои воды въ Сѣверное или Нѣмецкое море. Древняя долина Вислы (Торно-Эберсвальдская долина) начинается въ низовьяхъ западнаго Буга; не доходя до Бромберга, нынѣшняя Висла круто измѣняетъ прежнее направленіе и, прорѣзавъ прибалтійскую гряду, направляется по узкой долинѣ къ сѣверу, древняя же долина тянется отъ Новогеоргіевска къ Фордону, идетъ дальше черезъ Накель и Кюстринъ параллельно Нетцѣ и Вартѣ и достигаетъ долины современнаго Одера; еще дальше долина направляется черезъ Эберсвальдъ и посредствомъ Финовскаго канала соединяется съ Эльбой. Къ югу отъ нея лежитъ древняя долина Одера (Варшаво-Берлинская долина), еще южнѣе располагается Глогау-Барутская долина и, наконецъ, древняя долина Эльбы (см. карту 311). У Гавельберга всѣ названныя рѣки сливались вмѣстѣ, и общій потокъ, образованный ими, направлялся къ Сѣверному морю. Подобно Вислѣ, современный Одеръ также отклоняется отъ направленія прежней долины его; прорѣзая ледниковые наносы, онъ течетъ къ сѣверу и у Штеттина изливается въ Балтійское море. Долины ледниковыхъ потоковъ заняты нынѣ небольшими рѣками; этимъ и объясняется, почему, напр., долина Шпре у Берлина, прорытая на самомъ дѣлѣ Одеромъ, достигаетъ такихъ огромныхъ размѣровъ. Одинаковое восточное направленіе рѣкъ Германіи опредѣлялось тектоническими условіями, которыхъ мы не можемъ здѣсь подробно описывать: замѣтимъ только, что ледниковыя рѣки текли по сбросовымъ впадинамъ. Почему измѣнили онѣ свое прежнее направленіе и потекли къ сѣверу, — въ настоящее время еще неизвѣстно; можно только отмѣтить, что эти измѣненія не носятъ исключительнаго характера и примыкаютъ къ цѣлой группѣ такихъ же явленій; причины послѣднихъ стоятъ, видимо, въ связи съ наступленіемъ ледниковой эпохи и во всякомъ случаѣ совпадаютъ съ нею по времени.

Рис. 311. Древняя система рѣкъ въ Сѣверной Германіи. (По Ваншаффе.)

Другой характеръ носятъ перемѣщенія русла въ области наносовъ большихъ рѣкъ. Нерѣдко въ нижнихъ своихъ частяхъ рѣка протекаетъ по равнинѣ, образованной ея же отложеніями. Здѣсь она уже не можетъ углублять своего русла, протекаетъ вообще медленно и во время разливовъ отлагаетъ по сторонамъ свои наносы; вблизи берега скопляется песокъ, далѣе—глинистые осадки, вообще по мѣрѣ удаленія отъ ложа рѣки и по мѣрѣ приближенія къ ея устью отлагается все болѣе мелкій матеріалъ; вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается постепенно и мощность наносовъ. Такимъ образомъ равнина въ низовьяхъ рѣки является на самомъ дѣлѣ конусомъ съ весьма слабымъ наклономъ его боковъ. Во время половодья воды рѣки раздѣляются здѣсь

на рукава и текутъ соотвѣтственно естественному наклону почвы. То же происходитъ и при береговыхъ обвалахъ, которые загромождаютъ ложе рѣки: послѣдняя дробитъ и пролагаетъ новые пути. Наиболѣе благопріятныя условія для перемѣщенія русла рѣки существуютъ у вершины ея коническаго наноса; такъ какъ накопленіе осадковъ заграждаетъ потоку путь, то онъ огибаетъ конусъ и направляется или въ правую, или въ лѣвую сторону.

Грандіозный примѣръ такихъ перемѣщеній русла представляетъ *Хуан-хэ* или *Желтая рѣка* въ Китаѣ, названная такъ, благодаря желтому цвѣту ея водъ, богатыхъ лёссовымъ иломъ. Къ востоку отъ мѣста впаденія притока Ло-хо, эта мощная рѣка выходитъ изъ горъ и течетъ по густо заселенной низменности, которая представляетъ ея огромный коническій наносъ. У вершины послѣдняго потокъ отклоняется иногда на юго-востокъ, иногда на сѣверо-востокъ и изливается въ Желтое море въ мѣстахъ, отдаленныхъ другъ отъ друга болѣе, чѣмъ на 700 километровъ; такія перемѣщенія русла сопровождаются сильными и опустошительными наводненіями, которыя заставили назвать эту рѣку „горемъ Китая". Въ древнѣйшій періодъ о которомъ имѣются извѣстія, т. е. съ 2300 г. до Р. Х., до начала 13 столѣтія послѣ Р. Х. рѣка протекала въ сѣверо-восточномъ направленіи по той низменности, которую теперь прорѣзываетъ р. Вей-хо. Дробясь на нѣсколько рукавовъ, она направлялась по склонамъ плато Шанси и, изгибаясь на востокъ, впадала въ море въ области Тянтсина. Начиная съ 602 до Р. Х. ложе Хуан-хэ стало перемѣщаться къ югу и въ началѣ 13 столѣтія въ области Кайфонга, гдѣ берега рѣки лежали выше окружающей низменности, потокъ прорвался къ юго-востоку и сталъ изливаться въ море нѣсколько южнѣе Шантунга. Въ 1852 году рѣка прорвала огромныя плотины, устроенныя Китайцами и, производя страшныя опустошенія, направилась опять къ сѣверу. До 1887 года Хуан-хэ удерживалъ неизмѣннымъ новое ложе. Въ сентябрѣ этого года произошло сильное наводненіе, и въ области Кайфонга потокъ опять прорвалъ свой правый берегъ, направившись къ юго-востоку. Это была одна изъ самыхъ страшныхъ катастрофъ, произведенныхъ когда либо рѣкою: она стоила многихъ милліоновъ человѣческихъ жертвъ (по имѣющимся извѣстіямъ число погибшихъ колеблется между 1 и 7 милліонами). Такъ какъ потокъ неоднократно прорывался къ юго-востоку, то дробленіе на два рукава должно было бы считать естественнымъ для этой рѣки, но китайское правительство рѣшило заградить водамъ сѣверо-восточный путь. Мѣстнымъ инженерамъ удалось соорудить огромнѣйшую плотину, но уже въ Августѣ 1890 года потокъ снова ворвался въ область Шантунга. Наряду съ такими большими измѣненіями, сохранившимися долгое время, происходятъ незначительныя наводненія. Въ промежутокъ съ 1872 г. по 1889 годъ плотина, сооруженная между прорывомъ 1852 г. и устьемъ рѣки, была настолько повреждена въ 28 разныхъ мѣстахъ, что здѣсь понадобилось перестраивать ее заново. Если Китай обязанъ рѣкѣ Хуанъ-хэ тѣмъ плодородіемъ почвы, которое доставляетъ пищу многочисленному населенію ея наносовъ, то съ другой стороны нельзя не указать, что опустошенія, производимыя этой рѣкой, приносятъ странѣ страшный вредъ *).

*) Нѣкоторыя изъ русскихъ рѣкъ тоже не ограничиваются болѣе или менѣе постепенными перемѣщеніями въ предѣлахъ своихъ долинъ, но сразу прокладываютъ новыя русла. Примѣромъ можетъ служить Терекъ: въ 1863 году, въ половинѣ іюля, вслѣдствіе сильнаго таянія снѣговъ на горахъ, вода въ рѣкѣ стала быстро подниматься и въ короткое время достигла вершины вала, отдѣлявшаго лѣвый берегъ Терека отъ сосѣдней низменности; напоромъ воды этотъ валъ былъ прорванъ, и рѣка проложила себѣ новое русло

Въ періоды усиленнаго накопленія галечныхъ отложеній, которыя, какъ мы знаемъ, нарушаютъ спокойное развитіе рѣки (см. предыдущ. главу) можетъ происходить дробленіе потока и перемѣщеніе его ложа въ среднемъ и даже верхнемъ теченіи. Причина этихъ явленій та же, что и при грозныхъ наводненіяхъ Желтой рѣки въ Китаѣ: во время половодья рѣка разливается до верхней границы ея террассъ, и воды ея распространяются по окрестности въ разныхъ направленіяхъ. Немногочисленныя явленія этого рода. происходившія между прочимъ въ Германіи, относятся къ тому періоду усиленнаго отложенія, который стоитъ въ связи съ наступленіемъ ледниковой эпохи. Такъ, напр., можно отмѣтить развѣтвленіе долины Мульды у Гриммы въ Саксоніи; одинъ рукавъ рѣки имѣлъ тоже направленіе, что и теперь, другіе же два изливались по направленію къ Лейпцигу въ область Эльстера. Въ тотъ же періодъ произошло раздробленіе Фрейбергской Мульды: одинъ рукавъ соотвѣтствовалъ современному теченію рѣки, а другой изливался отъ Дёбельна на сѣверъ по направленію къ р. Эльбѣ. Примѣрами перемѣщенія ложа и новаго развѣтвленія рѣкъ въ ледниковую эпоху особенно богаты страны, прилегающія къ Альпамъ; здѣсь эти измѣненія распространялись на большую часть рѣкъ, начиная отъ Изеры и кончая Дунаемъ. Во всѣхъ случаяхъ причиною перемѣны направленія рѣкъ, служили обильныя скопленія наносовъ, загородившихъ прежніе пути потока.

Отложенія текучихъ водъ.

Достигнувъ тѣхъ частей долины, гдѣ уклонъ значительно уменьшается, рѣка замедляетъ свое теченіе, и твердыя частицы, которыя она несла въ своихъ водахъ, начинаютъ осѣдать на дно; здѣсь, какъ говорятъ, происходитъ *отложеніе рѣчныхъ наносовъ.* Если этотъ процессъ протекаетъ медленно и на значительныхъ протяженіяхъ, то образуются обширные, приблизительно горизонтальные слои ила, песку и галешника, часто чередующіеся между собой, но никогда не достигающіе той равномѣрности, которая составляетъ особенности озерныхъ и морскихъ осадковъ. Вслѣдствіе частыхъ измѣненій и нарушеній процесса, характеръ залеганія рѣчныхъ наносовъ становится неправильнымъ; болѣе значительные пласты ограничиваются сверху и снизу приблизительно горизонтальными плоскостями; между ними располагаются тонкіе слои, которые идутъ параллельно другъ другу только на небольшомъ протяженіи и далѣе выклиниваются подъ самыми различными углами какъ по отношенію другъ къ другу, такъ и по отношенію къ главнымъ, наиболѣе значительнымъ пластамъ. Это явленіе, наблюдаемое часто въ пескахъ и въ образовавшихся изъ нихъ песчаникахъ, извѣстно подъ названіемъ „ложной слоистости“ (falsche Schichtung). Прекрасный примѣръ представляетъ рисунокъ 312, гдѣ изображены песчаныя отложенія Навахо-Чёрчъ въ западной части Сѣверной Америки. Такое строеніе является характернымъ признакомъ рѣчныхъ наносовъ и во многихъ случаяхъ позволяетъ установить правильную точку зрѣнія на происхожденіе породы.

отъ ст. Дубовки прямо на сѣверъ между рр. Прорвою и Куру-Чутлубою. Этимъ путемъ Терекъ достигъ ст. Колпичевой, а затѣмъ, раздѣлившись на нѣсколько рукавовъ, круто повернулъ на востокъ къ морю.

Низовья Аму-Дарьи отличаются особеннымъ непостоянствомъ; въ годы сильныхъ разливовъ рѣка образуетъ новые рукава, прежніе лишаются болѣе или менѣе значительной части воды, которую они получали, и вслѣдствіе этого мелѣютъ или даже доходятъ до полнаго уничтоженія. *Прим. перев.*

Если быстро текущій горный ручей достигаетъ обширной равнины, образованной отложеніями главной рѣки, или изливается въ озеро, то у его устья образуются „коническіе наносы“ (Schuttkegel), сходные въ общемъ съ описанными выше коническими осыпями и отличающіеся отъ послѣднихъ слоистымъ расположеніемъ матеріала, а также большею пологостью склоновъ. Только очень быстрые ручьи, падающіе въ долину съ крутыхъ обрывовъ, образуютъ конусъ съ наклономъ боковъ въ 5°; обыкновенно же послѣдній столь незначителенъ, что характерная форма его замѣчается только на нѣкоторомъ разстояніи или даже посредствомъ точной нивел-

Рис. 312. Песчаныя отложенія Навахо-Чёрчъ въ западной части Сѣверной Америки.

лировки. Вдвигаясь въ озера, коническіе наносы способствуютъ наростанію берега и уменьшаютъ поверхность, занятую водой (см. рис. 313). Многія озера даже совсѣмъ заполнились осадками и превратились въ болота, торфяныя и травянистыя степи, но по формамъ окружащей мѣстности геологъ точно отмѣчаетъ ихъ мѣстоположеніе. Въ другихъ озерахъ можно опредѣлить пространство, занятое наносами, и по быстротѣ роста послѣднихъ предсказать, до какой именно черты распространятся они черезъ извѣстное время.

Часть озера или моря, заполненная наносами рѣки, называется *дельтой*. Примѣромъ можетъ служить Нилъ. Выходя близъ Каира изъ узкой долины, эта рѣка разбивается на нѣсколько рукавовъ, которые ограничиваютъ треугольный наносный участокъ суши (см. карту на рис. 314). Вершина этого треугольника лежитъ у г. Каира, а основаніемъ его служитъ морской берегъ. Греки сравнивали эту область съ четвертой буквой ихъ алфавита, — дельтой, которая имѣетъ начер-

таніе Δ; отсюда произошло упомянутое выше названіе, перенесенное впослѣдствіи на всѣ тѣ области, которыя располагаются у устья рѣкъ и, ограничиваясь рукавами послѣднихъ, обладаютъ треугольною формою. Въ настоящее время этимъ словомъ называютъ вообще область наносовъ рѣки у ея устья.

Дельты, образующіяся у береговъ моря („морскія и океаническія дельты"), значительно превосходятъ своими размѣрами рѣчные наносы у береговъ внутреннихъ озеръ („озерныя или прѣсноводныя дельты"). Низменныя, плодородныя области въ низовьяхъ Нила, Евфрата, Ганга и Гоанго были мѣстомъ древнѣйшихъ поселеній,

Рис. 313. Коническіе наносы у Сильваплана въ одномъ изъ озеръ Верхняго Энгадина.

тѣмъ ядромъ, откуда распространилась человѣческая культура; многія изъ нихъ принадлежатъ и теперь къ числу наиболѣе плотно заселенныхъ частей земной поверхности. Однѣ дельты, какъ, напр., у рр. По и Миссисипи, выступаютъ въ море, другія лежатъ на одной линіи съ берегомъ и, наконецъ, третьи образуютъ входящіе углы. Эти три вида дельтъ представляютъ разныя стадіи одного процесса, который протекаетъ слѣдующимъ образомъ: первоначально у устья рѣки образуется воронкообразная бухта, съ слабо соленою водою, такъ называемый „эстуарій"; рѣчные наносы постепенно заполняютъ эту бухту, дельта выравнивается съ берегомъ и, наконецъ, образуетъ вдающійся въ море выступъ. Не слѣдуетъ, однако, забывать, что этотъ процессъ, прежде чѣмъ достигнуть полной законченности, неоднократно нарушается противодѣйствующими силами, напр., береговыми теченіями.

Наносы повышаютъ ложе рѣки и способствуютъ образованію валовъ по обѣимъ сторонамъ его: первое время эти валы, не достигая еще значительной мощности.

легко прорываются потокомъ и открываютъ пути для новыхъ рукавовъ. Благодаря отложенію осадковъ и прорывамъ берегового вала, рѣка все болѣе развѣтвляется и образуетъ цѣлую сѣть рукавовъ, отдѣляющихъ другъ отъ друга многочисленные острова; тѣ вѣтви потока, которыя несутъ мало осадковъ, совершенно отрѣзаются отъ рѣки валами сосѣднихъ рукавовъ и образуютъ замкнутыя озера.

Образованіе дельтъ значительно ускоряется дѣйствіемъ морского прилива и отлива. Волны несутъ къ берегу песокъ и гальки, которыя во время отлива увлекаются назадъ только отчасти. Вслѣдствіе этого происходитъ накопленіе принесеннаго моремъ матеріала, и у берега появляется валъ; послѣдній иногда совсѣмъ отдѣляетъ отъ моря мелководную бухту. Процессъ значительно ускоряется, если въ эту бухту изливается рѣка, и въ томъ мѣстѣ, гдѣ прибойная волна встрѣчаетъ потокъ, накопленіе осадковъ усиливается. Такимъ способомъ образуются лиманы и гафы, отдѣленныя отъ моря узкими косами съ прорывами въ одномъ или нѣсколькихъ мѣстахъ. Примѣрами могутъ служить „гафы“ Балтійскаго моря, (см. карты 315—316), отдѣленныя „нерунгами“ (Nehrung), étangs у французскихъ береговъ, „лагуны“ Венеціи съ отдѣляющими ихъ „лидо“ и, наконецъ, „лиманы“ Чернаго моря, совершенно отрѣзанные отъ моря „пересыпями“ или „стрѣлками“.

Рис. 314. Дельта р. Нила.

Внутри отдѣленныхъ лимановъ и гафовъ происходитъ усиленное отложеніе осадковъ, и ростъ дельты идетъ здѣсь весьма быстро. Примѣромъ можетъ служить огромная дельта р. Нила въ Нижнемъ Египтѣ, достигающая 2,200 квадратныхъ километровъ и отдѣляющаяся отъ моря ясно выраженною стрѣлкою; вся лагуна заполнена осадками, за исключеніемъ лишь мелководныхъ болотистыхъ озеръ; дальнѣйшему вторженію наносовъ въ область Средиземнаго моря препятствуетъ отдѣляющая ихъ пересыпь. Другой характерный примѣръ представляютъ рѣки По и Эчъ. Между лагунами Венеціи и Кьодджьей на сѣверѣ и лагунами Комаккьо на югѣ располагаются ихъ дельты, замѣтно выступающія въ море (см. карту на рис. 317); въ ту и другую сторону отъ нихъ тянутся цѣпи древняго вала, образующаго соединеніе между „лидо“ (стрѣлками) Венеціи и Комаккьо. Очевидно, прежде существовала въ этомъ мѣстѣ одна обширная лагуна; сѣверная и южная части ея сохранились, такъ какъ впадающія сюда небольшія рѣки несутъ немного осад-

ковъ, а середина была заполнена наносами По и Эча, дельты которыхъ быстро распространяются за предѣлы лагуны и отвоевываютъ у моря все новыя пространства. Съ XIII по XVII столѣтія наносы По каждый годъ передвигались въ море на 25 метр., а въ новѣйшее время даже на 70 метр.; ежегодный приростъ дельты превышаетъ 1 квадр. килом. Третій примѣръ представляетъ Миссисипи, дельта которой увеличивается независимо отъ существованія лагуны. Воды „отца рѣкъ“ несутъ въ море огромныя количества твердыхъ осадковъ, приблизительно около 28 милліоновъ куб. метровъ въ годъ. Мощная и широкая дельта этой рѣки занимаетъ около 3,200 квадр. килом, Множество мелкихъ рукавовъ, такъ называемыхъ „Bayou“ отдѣляются отъ главнаго потока, который отлагаетъ свои на-

Рис. 315—316. Куришъ-гафъ и Фришъ-гафъ.

носы въ чрезвычайно своеобразной формѣ: по обѣимъ сторонамъ онъ накопляетъ узкіе валы и затѣмъ раздѣляется на три главныхъ рукава (Pass), берега корыхъ сопровождаются такими же валами; послѣдніе постепенно повышаются и передвигаются впередъ (см. карту на рис. 318).

Какъ ни огромны наносы Нила и Миссисипи, они все же уступаютъ по своимъ размѣрамъ и массѣ дельтамъ большихъ азіатскихъ рѣкъ; такъ, напримѣръ, общая дельта Ганга и Брамапутры превышаетъ 8,000 километр.; еще грандіознѣе наносы китайской рѣки Гоанго, которая по богатству ея осадковъ занимаетъ едва ли не первое мѣсто въ мірѣ; желтый цвѣтъ приносимаго этой рѣкой ила сообщаетъ своеобразную окраску всему морю, откуда и произошло его названіе.

Но не всѣ рѣки, изливающіяся въ море, образуютъ дельту, несмотря даже на огромное количество твердыхъ частей, которыя онѣ несутъ въ своихъ водахъ. Нѣкоторыя большія рѣки не только не отлагаютъ въ своемъ устьѣ наносовъ, но даже расширяютъ русло и сообщаютъ ему воронкообразную форму. Вліяніе прилива и отлива обнаруживается въ этомъ случаѣ на далекомъ разстояніи вверхъ по рѣкѣ. Прекрасными примѣрами могутъ служить Эльба, Везеръ, Темза, Жиронда, Сена и Таго въ Европѣ, р. Св. Лаврентія и Амазонская въ Америкѣ.

Почему въ однихъ случаяхъ образуется воронкообразное устье, а въ другихъ

случаяхъ происходитъ накопленіе дельтовыхъ отложеній, — нельзя еще рѣшить окончательно. Было бы большою ошибкою думать, что причина этого кроется въ непостижимости дѣятелей, производящихъ указанныя уклоненія. Обыкновенно хотятъ всѣ однородныя явленія объяснить общею причиной, свести ихъ къ одному и тому же принципу; но въ дѣйствительности одинаковыя послѣдствія вызываются разными причинами, и каждое данное явленіе служитъ результатомъ цѣлаго ряда процессовъ. Такъ, напр., отсутствіе дельтовыхъ отложеній можетъ объясняться быстротою теченія рѣки, которая уноситъ свой илъ далеко въ море (Миссисипи). Въ другихъ случаяхъ причину явленія слѣдуетъ искать въ тѣхъ озерахъ, которыя прорѣзываетъ рѣка на своемъ пути и въ которыхъ она оставляетъ свои осадки (р. Св. Лаврентія). Рельефъ морского дна у устья также не остается безъ вліянія: у плоскихъ, низменныхъ береговъ дельты образуются легче, чѣмъ у крутыхъ; впрочемъ, при богатствѣ осадковъ и въ послѣднемъ случаѣ возможенъ быстрый ростъ дельты. Далѣе слѣдуетъ принимать въ разсчетъ приливы и отливы, которые противодѣйствуютъ накопленію осадковъ и росту дельтъ: послѣднія образуются гораздо быстрѣе во внутреннихъ моряхъ, чѣмъ у открытыхъ береговъ. Съ другой стороны, приливъ можетъ дѣйствовать и въ обратномъ смыслѣ; если, напр., рѣка обладаетъ слишкомъ быстрымъ теченіемъ и не обнаруживаетъ наклонности къ образованію дельты, то приливныя волны, задерживая потокъ, могутъ вызвать отложеніе осадковъ.

Рис. 317. Дельта р. По.

Наконецъ, поднятія и опусканія суши имѣютъ весьма важное значеніе въ разсматриваемомъ вопросѣ: дельты должны образовываться преимущественно у тѣхъ береговъ, которые постепенно и медленно приподнимаются; наоборотъ, даже при обиліи рѣчныхъ наносовъ дельты остаются подъ водою („подводная дельта“), если берегъ постепенно опускается. Не можетъ быть никакихъ сомнѣній, что отрицательное движеніе береговой линіи способствуетъ образованію дельтъ, а положительное противодѣйствуетъ этому процессу. Но и это положеніе слѣдуетъ принимать не безъ оговорокъ; при очень сильномъ количествѣ осадковъ вліяніе, производимое осѣданіемъ берега, парализуется, и наоборотъ, тамъ, гдѣ происходитъ отрицательное движеніе береговой линіи, дельта можетъ отсутствовать въ силу указанныхъ выше причинъ. Доказательствомъ того, что поднятіе берега не является необходимымъ условіемъ образованія дельтъ, служитъ существованіе послѣднихъ во внутреннихъ моряхъ.

Рѣки Россіи представляютъ богатый и разнообразный матеріалъ для изученія дельтъ. Нева, Сѣверная Двина, Печора, Волга, Донъ, Днѣпръ, Днѣстръ, Кубань, Ріонъ, Терекъ, Обь, Енисей, Лена и множество другихъ нашихъ рѣкъ несутъ къ морямъ обильныя количества твердыхъ частей и образуютъ дельты. Уже бѣглый взглядъ на карты

показываетъ, насколько разнообразны устьевыя образованія русскихъ рѣкъ, какъ по своимъ размѣрамъ, такъ и по величинѣ и числу составляющихъ ихъ островов. Но ближайшее изученіе дельтъ обнаруживаетъ также любопытныя особенности въ ихъ строеніи и въ способахъ образованія.

Въ однихъ случаяхъ дельты представляютъ рядъ острововъ съ ясными и опредѣленными очертаніями; эти острова отдѣляются болѣе или менѣе значительными рукавами и переходятъ, наконецъ, въ мели, которыя на значительномъ протяженіи образуютъ подводное продолженіе дельты. Такой именно характеръ носитъ дельта Невы, на большихъ островахъ которой, украшенныхъ дворцами, парками и садами, раскинулась значительная часть Петербурга. Надводная часть невскихъ наносовъ состоитъ изъ острововъ: Петербургскаго, Аптекарскаго, Каменнаго, Елагина, Крестовскаго, Петровскаго, Васильевскаго, Голодая, Вольнаго, Кашеварова, Жадимировскаго, Гутуевскаго, Рѣзваго, Турухтаннаго и еще нѣсколькихъ незначительныхъ. Съ внѣшней стороны она ограничивается неровною, разорванною окраиною, которая вдоль сѣвернаго и южнаго береговъ рѣки вдается въ заливъ, въ серединѣ же образуетъ впадину. Между этими островами Нева раздѣляется на пять главныхъ рукавовъ и нѣсколько небольшихъ протоковъ, глубина которыхъ постепенно уменьшается съ приближеніемъ къ заливу; каждый рукавъ заканчивается баромъ (мелью) изъ твердаго песку. Подводнымъ продолженіемъ дельты служатъ обширныя мели, простирающіяся отъ материка и острововъ: между оконечностью Елагина острова и Лахтою лежитъ отмель Собакина; далѣе къ югу слѣдуютъ Крестовская отмель Вольнаго острова, Галерной косы, Золотая, Синефлагская, Бѣлая и Канонерская. Дно Невской губы до Кронштадта покрыто мелкимъ пескомъ; только около меридіана Петергофа и ближе къ Кронштадту изрѣдка встрѣчается илъ и мѣстами крупный песокъ. Теченіе идетъ серединою губы; при береговыхъ и тихихъ восточныхъ вѣтрахъ со скоростью 0,42 фут. въ секунду, а при свѣжихъ восточныхъ—2,52 фут.; при сильныхъ западныхъ оно почти совсѣмъ прекращается, и рѣка, задержанная въ своемъ движеніи, выступаетъ изъ береговъ и затопляетъ низменныя части столицы. Примѣромъ такихъ наводненій можетъ служить грозная катастрофа 1824 г., воспѣтая Пушкинымъ въ его „Мѣдномъ Всадникѣ“.

Дельта р. Днѣпра, въ общемъ принадлежащая къ тому же типу, обладаетъ, однако, многими любопытными особенностями. Острова, образующіе ее, находятся въ различныхъ стадіяхъ развитія; такъ, напр., Погорѣлый островъ, расположенный между Днѣпромъ и его рукавомъ Конкою, представляетъ цѣлый лабиринтъ многочисленныхъ плавней, которые раздѣляются притоками, ериками и лиманами. Въ юго-восточной, болѣе старой части острова, суша преобладаетъ надъ водою, въ сѣверо-западной—наоборотъ; здѣсь мы находимъ множество озеръ съ короткими и широкими проливами, мѣста, занятыя водою, выступаютъ въ видѣ узкихъ прибрежныхъ каемокъ, часто поросшихъ камышемъ и едва поднимающихся надъ водою. Вслѣдствіе большого скопленія озеръ и рѣчекъ, суша въ западной части острова не имѣетъ опредѣленнаго очертанія и отъ засоренія протоковъ мѣняетъ свою форму черезъ небольшіе промежутки времени. На другихъ островахъ дельты также находятся многочисленныя озера. Вслѣдствіе накопленія наносовъ окраины острововъ растутъ, и когда онѣ поднимаются выше уровня рѣки въ половодье, внутреннія озера перестаютъ получать питаніе; онѣ мало-по-малу затягиваются растительностью, превращаются въ болота и наконецъ совсѣмъ пересыхаютъ.

Несмотря на разнообразіе очертаній, всѣ острова и плавни вытянуты по направленію рѣки; въ серединѣ они болѣе или менѣе расширены, и къ концу съуживаются и заостряются. Части ихъ, обращенныя противъ теченія, древнѣе, а потому и возвышеннѣе противуположныхъ имъ. Крайніе острова и плавни заканчиваются расширеніями; какъ показали измѣренія, съуженныя части ихъ находятся еще подъ водою. Мели простираются не далѣе, какъ версты на три въ глубь лимана: онѣ постепенно понижаются и на 14-футовой глубинѣ, находящейся нынѣ на меридіанѣ острова Солонца, совершенно сливаются съ поверхностью лиманнаго русла.

Острова и плавни днѣпровской дельты имѣютъ различный составъ. Матеріаломъ, изъ котораго образованы многія плавни у гирлъ и восточныя части острововъ между главными рукавами рѣки, является песокъ; остальная довольно значительная часть Днѣпровской дельты состоитъ изъ растительныхъ остатковъ, переслаивающихся съ пескомъ и иломъ; послѣдніе острова и плавни, обладающіе болѣе смутными очертаніями, тѣмъ болѣе любопытны, что они рѣзко отличаютъ Днѣпровскую дельту отъ Невской и представляютъ какъ бы переходъ къ дельтамъ другого типа: они растутъ въ затишьяхъ, отдѣленныхъ песчаными отмелями или островками; вливающіеся сюда притоки быстро отлагаютъ землистыя вещества и образуютъ отмель съ иловатымъ грунтомъ; послѣдняя одѣвается скоро осокой и камышемъ. Зимою и осенью отмершія части этихъ растеній отчасти разлагаются, отчасти остаются въ видѣ крупныхъ обмомковъ. Съ наступленіемъ половодья и съ увеличеніемъ скорости теченія въ протокѣ начинаетъ отлагаться болѣе грубый матеріалъ въ видѣ песку. Лѣтомъ появляется новое поколѣніе растеній и опять происходитъ отложеніе илистой мути. Камышъ и осока, которые разрастаются на окраинѣ развивающейся плавни, задерживаютъ весь илъ и загораживаютъ отъ дальнѣйшихъ наносовъ находящееся за ними пространство; послѣднее превращается въ озеро или непроходимое болото; наконецъ, затягиваются отдѣльные протоки, и нѣсколько плавней соединяются въ одинъ болотистый островъ.

Подобные же процессы дельтообразованія наблюдаются на Дону, Сѣверной Двинѣ, Волгѣ, Уралѣ, Печорѣ, Оби, Енисеѣ, Ленѣ, Янѣ, Колымѣ, Индигиркѣ, Хатангѣ и др. Нѣкоторыя изъ этихъ дельтъ, какъ, напр., у С. Двины, отличаются отъ другихъ своею разорванностью, т.-е. составляющіе ихъ острова раздѣлены обширными плесами, которые достигаютъ 8 верстъ въ ширину; впрочемъ, разорванность Двинской дельты совершенно исчезаетъ, если присоединить къ ней значительныя отмели, лежащія между отдѣльными рукавами. Среди устьевыхъ образованій главныхъ сибирскихъ рѣкъ особенное вниманіе обращаютъ на себя дельты Оби и Лены по тому контрасту, который онѣ представляютъ въ своей величинѣ. Дельта Оби помѣщается въ огромной губѣ, простирающейся въ ширину на 50 миль, а въ длину отъ 67° до 73° с. ш.; несмотря на это, она очень незначительна и состоитъ всего лишь изъ 14 островов, между которыми 5 маленькихъ. Совершенно противуположна ей огромная дельта Лены, большая часть которой далеко вдается въ океанъ; она состоитъ изъ безчисленнаго множества островов, среди которыхъ насчитывается до 7 главныхъ. Со стороны материка дельта ограничивается крутыми утесистыми берегами, тогда какъ громадные острова ея низменны и песчанисты. Главные рукава имѣютъ отъ 56 до 106 килом. въ длину, а при устьяхъ достигаютъ до 10,5 километр. въ ширину. Между многочисленными островами выдаются по величинѣ Боркая и Хангалатскій: первый изъ нихъ обладаетъ размѣрами въ 100 км. въ длину и 58 км. въ ширину. Чтобы судить о грандіозности этой дельты, достаточно сказать, что только съ сѣверной стороны она омывается океаномъ на протяженіи 425 километровъ.

Гораздо рѣже наблюдаются дельты того типа, который характерно выраженъ у Кубани и Днѣстра. Это сплошныя и болотистыя равнины, прорѣзанныя множествомъ мелкихъ протоковъ, ериковъ, замкнутыхъ заливовъ (внутреннихъ лимановъ) и озеръ; главная особенность ихъ заключается въ недостаткѣ большихъ рѣчныхъ рукавовъ и въ неопредѣленности очертаній отдѣльныхъ островов. Такъ, Кубанская дельта, несмотря на многія частныя особенности, въ существенныхъ чертахъ представляетъ сходство съ тѣми частями Днѣпровской дельты, гдѣ отлагается илъ; это сходство распространяется и на самый матеріалъ, изъ котораго образуются осадки; Кубань приноситъ только самую нѣжную муть, и почва здѣшнихъ плавней состоитъ исключительно изъ ила съ растительнымъ перегноемъ. Дельта разсматриваемой рѣки совершенно противуположна Невской.

Свойства образующейся дельты стоятъ въ связи съ формой залива, въ который изливаетъ рѣка свои воды. Днѣпръ, Донъ, Волга, Сѣв. Двина, Печора и др. рѣки, распадающіяся на достаточное число рѣзко обозначенныхъ рукавовъ, изливаются въ постепенно расширяющіеся заливы. Наоборотъ, Днѣстръ и Кубань, дельты которыхъ прорѣзываются безчисленными ериками, протоками и озерами, впадаютъ въ бассейны, сразу представляющіе значительную ширину. Въ первомъ случаѣ рѣка дѣйствуетъ равномѣрно на воду залива и сообщаетъ движеніе всѣмъ ея точкамъ, за исключеніемъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ вслѣдствіе неровностей дна, вліянія вѣтровъ и другихъ причинъ, происходитъ отложеніе осадковъ; въ виду этого общая струя распадается на отдѣльные рукава съ болѣе или менѣе правильнымъ дѣленіемъ. Иныя условія наблюдаются во второмъ случаѣ: вступая въ широкій заливъ, рѣка приводитъ въ движеніе только узкую полосу, находящуюся передъ нею; вся остальная масса воды, располагающаяся между движущеюся струею и берегомъ, не затрогивается рѣчнымъ теченіемъ, и на границѣ ея, какъ съ той, такъ и съ другой стороны, происходитъ отложеніе землистыхъ частицъ. Такимъ образомъ полагается начало будущей дельтѣ, которая въ простѣйшемъ видѣ представляетъ двѣ полосы наносовъ; струя, протекающая между ними, мѣняетъ свое направленіе отъ встрѣчаемыхъ ею препятствій; она легко прорываетъ сопровождающіе ее берега и образуетъ новые протоки, вдоль которыхъ опять отлагаются по обѣимъ сторонамъ наносы. Вслѣдствіе этого заливъ покрывается неправильною сѣтью плавней, которыя отдѣляются другъ отъ друга протоками разной величины и остатками открытыхъ частей залива, находящимися въ разныхъ стадіяхъ измѣненія (*И. Леваковскій*).

Но описанные выше типы дельтъ не охватываютъ всего разнообразія ихъ. Нѣкоторыя, какъ, напр., Терека и Куры, носятъ болѣе сложный характеръ и соединяютъ въ себѣ особенности того и другого типовъ. Двойственность замѣчается даже въ дельтѣ Днѣпра. Мы не имѣемъ здѣсь возможности описывать всѣ формы устьевыхъ образованій нашихъ рѣкъ и вдаваться въ подробную оцѣнку классификацій, которыя до сихъ поръ были предложены; въ вопросѣ о происхожденіи дельтъ многое остается еще неяснымъ, а потому попытки свести ихъ всѣ къ опредѣленнымъ группамъ должны считаться преждевременными. Изученіе дельтъ тѣмъ болѣе осложняется, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ обладаютъ крайне неопредѣленными границами. Эта неопредѣленность является слѣдствіемъ перемѣщеній русла, которыя, какъ мы знаемъ, часто происходятъ въ низовьяхъ рѣкъ (см. стр. 573). Пролагая путь по готовымъ уже площадямъ суши, рѣки не только затемняютъ границы дельтъ, но и усложняютъ строеніе послѣднихъ: въ составѣ ихъ оказываются острова, по своему образованію не имѣющіе ничего общаго съ новѣйшими рѣчными наносами; такъ, напр., среди низменной Аму-Дарьинской дельты выдвигаются отдѣльныя возвышенности, — Бель-тау, Бурлы-тау, Кубе-тау и др., состоящія изъ породъ болѣе древнихъ, чѣмъ окружающая равнина. То же наблюдается и въ дельтѣ Кубани: самый восточный изъ ея рукавовъ, Ангелинскій ерикъ, не составляетъ границы плавней, а прорѣзываетъ своимъ русломъ и возвышенную степь, которая такимъ образомъ не имѣетъ ни-

какого рѣзкаго разграниченія съ дельтой. Отсюда видно, что крайніе рукава рѣки нельзя считать границами ея устьевыхъ образованій; эти границы могутъ быть опредѣлены только посредствомъ тщательнаго геологическаго изслѣдованія мѣстности.

Въ каждой дельтѣ происходятъ непрерывныя измѣненія, выражающіяся исчезновеніемъ однихъ частей и нарожденіемъ другихъ. Нѣкоторые изъ островов по временамъ подвергаются разрушенію—главнымъ образомъ подъ вліяніемъ дѣйствія льда (см. ниже). Въ устьѣ С. Двины островки Сяски съ 1793 года стали уменьшаться; въ 1832 году отъ Большого Сяска оставался клочекъ въ 20 саж. шириною, а въ 1834 г. его окончательно смыло льдомъ; тринадцать лѣтъ спустя вода достигала въ этомъ мѣстѣ 6 фут. глубины. Подобнымъ же образомъ исчезъ и островъ Марковъ, который имѣлъ прежде около 200 саж. въ длину; еще въ 1810 году на немъ стояла батарея о 12-ти орудіяхъ, а въ 1814 году островъ этотъ былъ совершенно уничтоженъ. Въ устьѣ Большой Невы противъ Косой линіи Васильевскаго острова существовалъ островъ, имѣвшій въ 1800 году 55 саж. въ длину; на планѣ 1834 года онъ уже не показанъ, и на его мѣстѣ отмѣчена мель, покрытая водою на 3—5 фут.

Но образовательные процессы преобладаютъ надъ разрушительными, а потому дельты непрерывно возрастаютъ. Нѣкоторые древніе города, прежде находившіеся при морѣ, нынѣ отстоятъ отъ него на нѣсколько верстъ; такъ, напр., на мѣстѣ старой крѣпости Поти, построенной 300 лѣтъ назадъ у устья Ріона на самомъ морскомъ берегу, нынѣ разведенъ городской садъ, находящійся въ двухъ верстахъ отъ моря. Въ виду такихъ фактовъ исторія развитія дельтъ представляетъ не только научный, но и практическій интересъ. Средствомъ для разъясненія этого вопроса должно служить сравненіе картъ и плановъ, снятыхъ въ разныя времена; но, къ сожалѣнію, такія сравненія произведены только для немногихъ нашихъ судоходныхъ рѣкъ.

Такъ, напр., о возрастаніи Невской дельты извѣстно слѣдующее. На планѣ 1698 г. нѣтъ еще острова Вольнаго; на картѣ 1785 года онъ уже обозначенъ; на планѣ 1792 года этотъ островъ раздѣленъ на 3 части, которыя на картѣ, изданной въ 1834 г., соединены уже вмѣстѣ. Мели въ устьяхъ Невы также увеличились. Съ 1800 по 1834 г. Синефлагская мель удлинилась на 60 саж., а Золотая на 230. Вообще съемки Невской дельты, произведенныя съ 1718 по 1864 гг., показали, что острова и береговая полоса увеличились въ этотъ періодъ времени на 1,373,871 кв. саж., при чемъ болѣе быстрому возрастанію подлежали части дельты, ближайшія къ заливу; отсюда ежегодный приростъ оказывается равнымъ 9,410 кв. саж. Этотъ выводъ важенъ въ томъ отношеніи, что онъ позволяетъ опредѣлить время, когда будетъ занесена вся Маркизова лужа (такъ называютъ часть Финскаго залива отъ Кронштадта до устья Невы), а Нева будетъ вытекать въ море около Кронштадта; оказывается, что для этого необходимо 3320 лѣтъ, и въ это время должно отложиться около 351,100 куб. метр. осадка. Впрочемъ, такія вычисленія слишкомъ приблизительны, и въ какой степени можно полагаться на нихъ — будетъ выяснено ниже.

Весьма распространено мнѣніе, что дельта р. Дона возрастаетъ чрезвычайно медленно; изслѣдованія Бэра, Ленца, Гельмерсена, Стефани, Веселовскаго и Куника привели къ заключенію, что она въ теченіе 2000 лѣтъ почти не измѣнилась. Заключеніе это основывалось главнымъ образомъ на свидѣтельствѣ древняго географа Страбона, который указывалъ, что въ 100 стадіяхъ отъ устья Дона находился островъ Алопекія, гдѣ собирались люди разныхъ націй. По мнѣнію названныхъ ученыхъ, „этотъ островъ не иной какой, какъ тотъ, который лежитъ вблизи Таганрога и нынѣ именуется Черепахой"; онъ отстоитъ на 22 версты отъ сѣвернаго рукава Дона, а это разстояніе во всякомъ случаѣ не меньше показаннаго Страбономъ". Отсюда выходитъ, что дельта Дона не только не увеличилась, но даже нѣсколько уменьшилась. Но Черепаха—низменный островокъ, по временамъ покрываемый водою; только въ одной своей части онъ былъ нѣсколько поднятъ, искусственно, по повелѣнію Петра I; поэтому, какъ думаетъ проф. Леваковскій, невѣроятно признать Черепаху за Алопекію, которая была къ тому же окружена еще многими другими островами. Наоборотъ, рядъ несомнѣнныхъ фактовъ свидѣтельствуетъ, что Донская дельта возрастаетъ довольно быстро: такъ сличеніе съемокъ 1822 г. и 1851 г. показываетъ увеличеніе ея длины на 1030 саж. (около 37 саж. въ годъ). По наблюденіямъ мѣстныхъ жителей дельта удлинилась въ 40 лѣтъ на двѣ, а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и на три версты. Кромѣ того извѣстенъ слѣдующій фактъ: въ 1855 г. при устьяхъ Кутермы и Каланчи были выстроены батареи на самой окраинѣ дельты, которая черезъ 11 лѣтъ подвинулась на $^1/_2$ версты: слѣдовательно, приростъ ея совершался со скоростью 23-хъ саженъ въ годъ.

Что касается другихъ рѣкъ, то объ нихъ извѣстно слѣдующее: надводная часть днѣпровской дельты подвинулась въ лиманъ съ 1779 по 1867 годъ на 6 верстъ, а подводная часть ея съ 1814 по 1836 г. возросла болѣе, чѣмъ на $1^1/_2$ версты. Дельта Волги увеличилась въ теченіе 70 лѣтъ на 13 верстъ (97 саж. въ годъ); дельта Терека съ 1841 по 1863 г. возрастала со скоростью 45 саж. въ годъ. Свѣдѣнія относительно другихъ рѣкъ или совсѣмъ отсутствуютъ, или же страдаютъ неполнотою.

Кромѣ дельтовыхъ образованій въ жизни нашихъ рѣкъ огромное значеніе имѣютъ наносы, происходящіе на всемъ ихъ протяженіи. Жалобы на обмелѣніе естественныхъ водныхъ путей Россіи раздаются со всѣхъ сторонъ и проникаютъ даже въ періодическую печать, а потому было бы непростительно обойти здѣсь молчаніемъ этотъ вопросъ.

Песчаныя отмели, — перевалы и перекаты, и небольшіе островки, осередки, обыкновенно поросшіе „тальникомъ", появляются всюду, гдѣ замедляется теченіе. Весьма обыкновенной причиной образованія ихъ служитъ впаденіе притоковъ, которые при встрѣчѣ съ главной рѣкой замедляютъ свое теченіе и вслѣдствіе этого отлагаютъ осадки. Въ предѣлахъ Ярославской губерніи между многочисленными мелями Волги двѣ особенно затруднительныя для судоходства — Балуевская и Копринская — располагаются противъ впаденія довольно быстрой рѣчки Стугны. Въ Нижегородской губерніи, вслѣдъ за впаденіемъ Оки, Волга образуетъ громадныя отмели во всю ширину русла и вскорѣ затѣмъ покрывается рядомъ довольно большихъ острововъ. Противъ устья Камы она дѣлится островами па два рукава. На Дону въ Воронежской губ. немало мелей располагаются противъ устьевъ рѣкъ. То же наблюдается на Днѣпрѣ, Свири и др. рѣкахъ.

Другая причина образованія мелей — змѣевидныя искривленія рѣки; какъ мы уже знаемъ, у выпуклаго берега, образуется полоса затишья. Отложеніе болѣе крупныхъ частей мути начинается на границѣ быстро текущей струи, что довольно близко соотвѣтствуетъ направленію рѣки въ предшествующемъ участкѣ. Такимъ образомъ на этомъ мѣстѣ возникаетъ песчаная коса; при достаточномъ развитіи ея у берега является вполнѣ защищенный заливчикъ, въ которомъ отлагаются и болѣе нѣжныя глинистыя частицы; такая, напр., коса въ $1\frac{1}{2}$ версты длиною и 70 саж. шириною находится на Волгѣ противъ Нижняго; она образовалась въ теченіе какихъ-нибудь 30 лѣтъ. Если поворотъ крутъ, то увеличивающаяся коса направляется къ противоположному берегу подъ значительнымъ угломъ. Но рѣчная вода, ударившись въ одинъ берегъ, тотчасъ же отражается къ противуположному; поэтому у вогнутой стороны колѣна тоже возникаетъ полоса затишья, и на границѣ послѣдней образуется вторая коса. Вліяніе поворотовъ рѣки на появленіе мелей можно видѣть, напр., на рѣкѣ Донѣ; такъ, въ предѣлахъ Воронежской губерніи многіе перекаты обязаны своимъ происхожденіемъ изгибамъ рѣки.

Наконецъ, причиною образованія мелей, постепенно превращающихся въ острова, служатъ отдѣльныя, часто самыя незначительныя препятствія, производящія мѣстное ослабленіе теченія; такъ дѣйствуютъ подводные и надводные камни, затонувшія деревья, барки и т. п. На Днѣпрѣ есть много гранитныхъ островковъ, къ которымъ примыкаютъ спереди песчаныя площадки, продолжающіяся далѣе въ видѣ подводныхъ косъ. Во время Крымской войны въ Днѣпрѣ ниже Херсона затонула барка, и на этомъ мѣстѣ образовался цѣлый островъ.

Во время половодій воды рѣкъ приносятъ огромныя массы новаго матеріала, и мели, а также острова въ руслахъ ихъ ежегодно увеличиваются въ числѣ и размѣрахъ. Постепенно наростая, онѣ въ то же время передвигаются по направленію теченія; такъ, напр., островъ Потемкина на Днѣпрѣ прежде находился въ $3\frac{1}{2}$ верстахъ отъ Херсона, а въ 1861 году отстоялъ отъ него уже на $5\frac{1}{2}$ верстъ. Такое передвиженіе зависитъ отъ того, что „приверхъ" острова размывается, а „ухвостье", т.-е. нижній конецъ продолжаетъ наростать.

Вслѣдствіе обильнаго отложенія наносовъ, рѣки прогрессивно засоряются и дробятся на рукава и протоки; вмѣстѣ съ тѣмъ фарватеръ, а иногда и все судоходное русло претерпѣваетъ частыя измѣненія.

Обмелѣніе распространяется даже за предѣлы дельтъ; землистыя вещества уносятся на далекое разстояніе отъ устья, и озера и заливы наводняются осадками. Такъ воды Оби и Енисея образуютъ въ Карскомъ морѣ мутныя струи на значительномъ разстояніи отъ берега. Видимое распространеніе ила, доставляемаго Сѣверною Двиною, выражается грязно-желтоватымъ цвѣтомъ воды въ заливѣ до линіи, идущей отъ Неноксы до Куи. Особенная мелководность сѣверо-западной части Каспійскаго моря совпадаетъ съ распространеніемъ волжской воды, которая достигаетъ Серебряковской пристани, лежащей въ 100 слишкомъ верстахъ отъ ея дельты, а при свѣжихъ сѣверныхъ вѣтрахъ — даже до Тюленьяго острова (140 в.). Возрастающее накопленіе осадковъ оказываетъ ощутительное вліяніе на измѣненіе глубины прибрежныхъ частей. Сѣверная часть Каспійскаго моря обмелѣла, такъ сказать, на нашихъ глазахъ. Сравненіе новѣйшихъ картъ съ прежними показываетъ, что глубина въ этой части моря за послѣднія 50—60 лѣтъ уменьшилась на 2—7 футовъ. Точно также въ Азовскомъ морѣ (древнѣйшая карта его относится къ XVII столѣтію) Таганрогскій заливъ обмелѣлъ до Бѣлосарайской косы. Въ этой части моря, прибрежья стали мельче, косы удлинились, и фарватеръ между ними съузился; глубина въ разныхъ мѣстахъ уменьшилась на 1—4 и даже 10 фут.

Еще рѣзче обнаруживаются слѣды наносной дѣятельности рѣкъ въ озерахъ. Мы имѣемъ ясныя указанія на то, что въ Россіи многія озера окончательно исчезли, а сохранившіяся до настоящаго времени уменьшили покрываемыя ими площади и понизили ихъ прежніе горизонты. Причинами, которыя неизбѣжно ведутъ къ уменьшенію глубины и размѣровъ озеръ, служатъ не только образованіе осадковъ на днѣ ихъ, а также и пониженіе питанія, вслѣдствіе пересыханія впадающихъ въ нихъ рѣкъ. Убыль рѣкъ и озеръ сопровождается заростаніемъ, чѣмъ еще болѣе усиливается и ускоряется уменьшеніе ихъ глу-

бины. Ближайшимъ слѣдствіемъ является превращеніе ихъ въ болота съ такъ называемыми „окнами". Ростовское озеро окружено въ настоящее время низменными берегами, которые заросли по краямъ широкою полосою камышей; на поверхности его плаваетъ множество островковъ, изъ которыхъ, впрочемъ, самый большой уже неподвиженъ. Въ теченіе 72 лѣтъ озеро уменьшилось на 100 десятинъ и 215 кв. саж. Карачуновское озеро въ Романовскомъ уѣздѣ, Ярославской губерніи, представляетъ нынѣ болото, заросшее лѣсомъ. Въ Олонецкой губ. можно наблюдать всевозможныя стадіи развитія торфяниковъ, свидѣтельствующія о несомнѣнномъ происхожденіи ихъ изъ озеръ. То же наблюдается въ степныхъ частяхъ Россіи. Значительное число рѣчекъ, изливающихся въ оз. Ала-куль, растягиваются при своихъ устьяхъ въ рядъ небольшихъ озеръ, густо поросшихъ тростникомъ. Аму-Дарья въ своихъ низовьяхъ дѣлится на многочисленные протоки, которые въ свою очередь дробятся на постепенно уменьшающіяся струи и, наконецъ Сары-су, Зеравшанъ и др.), приносившіе прежде огромныя массы воды, теперь совершенно не доходятъ до нихъ. Вслѣдствіе климатическихъ условій, озера среднеазіатскихъ степей теряютъ огромныя количества воды посредствомъ испаренія; при пониженномъ же питаніи ихъ рѣками, расходъ не покрывается притокомъ извнѣ, а потому усыханіе идетъ гигантскими шагами.

Говоря объ обмелѣніи, нельзя не коснуться вопроса о значеніи лѣсовъ. Много писалось о вліяніи послѣднихъ на климатъ вообще и на количество ежегодно выпадающихъ осадковъ, но вопросъ этотъ и по сію пору слишкомъ мало разработанъ съ научной точки зрѣнія. Зато значеніе лѣсовъ, какъ регуляторовъ въ расходованіи воды, которую получаетъ покрытая ими мѣстность въ видѣ снѣга и дождя, не подлежитъ никакому сомнѣнію. Подъ защитою лѣсного покрова потеря воды черезъ испареніе уменьшается, таяніе снѣга распредѣляется на болѣе продолжительное время, снѣговая и дождевая вода стекаетъ медленнѣе и, задерживаясь многочисленными препятствіями, дробится на мельчайшія водяныя жилы. Вслѣдствіе этого въ почву успѣваетъ всасываться гораздо болѣе влаги, чѣмъ на открытомъ мѣстѣ, и питаніе источниковъ усиливается. Наоборотъ, количество воды, непосредственно стекающей въ рѣки, уменьшается и вмѣстѣ съ тѣмъ съ поверхности увлекается меньше твердыхъ частицъ. Всѣ эти благопріятныя условія исчезаютъ вмѣстѣ съ вырубаніемъ лѣсовъ и замѣняются противуположными. Доказательствъ не приходится подыскивать. Въ Рязанской губерніи на возвышенной мѣстности прежде былъ лѣсъ, и у подошвы ея вытекалъ ключъ; въ 1867 году началась хищническая порубка лѣса, и въ 1871 г. уже не было и самаго источника. Въ Новгородской губерніи въ одномъ имѣніи находился ручей, который даже въ сухое время года приводилъ въ движеніе мельницу, но послѣ истребленія окрестныхъ лѣсовъ, онъ изсякъ. Въ окрестностяхъ Иркутска вслѣдствіе той же причины исчезли многочисленные источники.

Быстрое и неразумное истребленіе лѣсовъ рѣзко отражается на состояніи судоходныхъ рѣкъ, размѣры половодій тотчасъ же увеличиваются, но продолжительность ихъ уменьшается: вмѣстѣ съ тѣмъ удлиняется меженное состояніе, и уровень воды сильно падаетъ. Такъ, напр., разность уровней въ половодье и въ межень на р. Окѣ прежде равнялась 4 арш., а теперь достигаетъ 3 саж. То же замѣчено и на Волгѣ.

Такимъ образомъ для защиты нашихъ рѣкъ отъ прогрессивнаго засоренія необходима самая энергичная борьба съ хищническимъ уничтоженіемъ лѣсовъ. Безъ этого всѣ предлагаемыя мѣропріятія по расчисткѣ и углубленію руселъ не приведутъ къ желаемой цѣли и, несмотря на огромныя денежныя затраты, обмелѣніе рѣкъ будетъ продолжаться съ угрожающею быстротою. *Перев.*

Разрушительная дѣятельность моря.

Дѣятельность стоячихъ водъ и главнымъ образомъ моря существенно отличается отъ тѣхъ явленій, съ которыми мы знакомились до сихъ поръ; разрушительное дѣйствіе морской воды ограничивается небольшимъ пространствомъ: на значительныхъ глубинахъ воды океана не способны производить размываніе, — здѣсь происходитъ отложеніе осадковъ, — и только у самыхъ береговъ прибой волнъ (Brandung) во время прилива и бурь дѣйствуетъ разрушающимъ образомъ на горныя массы.

На этой узкой полосѣ разрушеніе достигаетъ весьма значительныхъ размѣровъ. У береговъ открытаго океана прибойныя волны обладаютъ огромною силою и во время большихъ бурь передвигаютъ и катятъ каменныя глыбы болѣе, чѣмъ въ 100 центнеровъ вѣсомъ. При помощи динамометрическихъ приборовъ удалось опре-

дѣлить величину механическаго дѣйствія прибоя: у Бристольскаго канала волны производятъ давленіе въ 137 килограммовъ въ горизонтальномъ и въ 11,500 килогр. въ вертикальномъ направленіи на 1 квадр. метръ; у Чивитавеккіи давленіе достигаетъ 16,000 килограмм., а у сѣверныхъ береговъ Шотландіи во время сильныхъ бурь — даже 30,000 килогр. на 1 квадр. метръ. Огромною силой морскихъ волнъ объясняются тѣ страшныя разрушенія, которыя происходятъ у бурныхъ береговъ: на Унстѣ, самомъ сѣверномъ изъ группы Шотландскихъ островъ, волны нерѣдко разбиваютъ окна маяка, находящіяся на высотѣ 59 метр. надъ уровнемъ моря, а у Вика въ Шотландіи была однажды сброшена каменная глыба, объемомъ въ 320 куб. метровъ и, несмотря на огромный вѣсъ (13,500 центнеровъ), передвинута волной на разстояніи 15 метровъ.

Рис. 318. Дельта р. Миссисипи.

Цѣлый рядъ условій усиливаетъ разрушительное дѣйствіе волнъ. Соли, растворенныя въ морской водѣ, углекислота и кислородъ разъѣдаютъ горныя массы; камнеточцы, сверлящіе черви, морскіе ежи и губки разрыхляютъ породу и увеличиваютъ поверхность соприкосновенія ея съ растворомъ. Вѣтвистые корни водорослей охватываютъ прибрежные утесы со всѣхъ сторонъ и проникаютъ въ ихъ трещины; съ каждымъ новымъ прибоемъ скалы разрыхляются и, наконецъ, во время сильныхъ бурь обрушиваются вмѣстѣ съ одѣвающими ихъ водорослями. У сѣверныхъ береговъ къ этому ряду дѣятелей присоединяется морозъ; вода, заполняющая трещины скалъ, при переходѣ въ ледъ расширяется и постепенно раздробляетъ породу на отдѣльные обломки. Каждая волна несетъ огромныя массы галекъ, песку и ила, и удары послѣднихъ о берегъ можно сравнить съ дѣйствіемъ ружейнаго выстрѣла: такимъ образомъ присутствіе въ морской водѣ твердыхъ частицъ значительно усиливаетъ размываніе.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ морскія волны достигаютъ такой огромной силы, должны произойти весьма важныя геологическія измѣненія. Такъ, напр., извѣстно, что о-въ Гельголандъ обладалъ прежде болѣе значительными размѣрами, нежели теперь, и что дѣйствіемъ прибоя берега его разрушались и оторванныя глыбы скатывались въ воду; въ настоящую минуту островъ значительно меньше, чѣмъ былъ онъ 1,000 лѣтъ

назадъ, хотя нельзя не указать, что прежнія описанія страдаютъ нѣкоторымъ преувеличеніемъ. Точно также въ прибрежныхъ областяхъ Англіи и Нормандіи ежегодно обрываются огромныя глыбы, и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ разрушеніе столь-же значительно, какъ и на Гельголандѣ: такъ, напр., въ періодъ времени съ 1824 по 1829 годъ у береговъ Суффолька унесено моремъ 16 метр. суши.

Съ такою же поразительною быстротою разрушаются берега у Нью-Джерсея: путемъ сопоставленія древнихъ и новыхъ съемокъ найдено, что у „Длиннаго берега“

Рис. 319. Морской берегъ у Порто Венере въ Лигуріи. (Съ фотографіи.)

Long Beach) суша отступаетъ на 5 метр. въ годъ, а у мыса Мая (Кар Мау) — на 3 метр. Особенно быстро падаютъ подъ ударами волнъ новообразующіеся вулканическіе острова (см. стр. 196), а также песчаные участки суши. По одной изъ древнихъ французскихъ картъ „Песчаный Островъ“ (Sable Island), лежащій къ востоку отъ Новой Шотландіи, достигалъ въ длину 74 килом. и въ ширину 4,16 килом., по англійскимъ оффиціальнымъ съемкамъ 1776 года длина этого острова опредѣлена въ 18,5 килом. и ширина въ 460 метр.; наконецъ, въ 1890 г. островъ пріобрѣлъ форму полумѣсяца и достигалъ только 40,7 килом. въ длину и 1,85 км. въ ширину.

Впрочемъ, эти исключительные примѣры, представляющіе особенно благопріятныя условія для проявленія разрушительной дѣятельности моря, даютъ одностороннюю оцѣнку послѣдней. Не только рыхлыя вулканическія накопленія и песчаные острова, но также и крутые скалистые берега подлежатъ дѣйствію при-

Рис. 320. Берегъ острова Яна Майена.

боя, и многіе случаи быстраго отступанія суши относятся къ странамъ, образованнымъ твердыми массами. Многочисленныя трещины, разрыхляющія породу, подготовляютъ почву для разрушительнаго дѣйствія моря (см. рис. 319); съ другой стороны, у крутыхъ береговъ легче, чѣмъ гдѣ бы то ни было, происходитъ подмываніе.

Размываніе прибрежныхъ скалъ совершается на всемъ томъ пространствѣ, которое подлежитъ дѣйствію прибоя, т.-е. между линіей отлива и границею сильнѣйшихъ волнъ; наибольшей же величины оно достигаетъ между верхней границей этого

Рис. 321. Чайковыя или Желѣзныя ворота на Медвѣжьемъ островѣ. (По Норденшельду.)

пространства и половиной высоты приливныхъ волнъ; вслѣдствіе разрушенія твердыхъ массъ здѣсь образуется вогнутая поверхность, вдающаяся въ сушу. По мѣрѣ прониканія размыванія въ глубину, вышележащія массы теряютъ опору и, наконецъ, обрушиваются въ воду. Такимъ образомъ море дѣйствуетъ и на тѣ части обрыва, которыхъ не касаются его волны, и способствуетъ образованію вертикальныхъ утесовъ, обрамляющихъ берега (см. рис. 320). Нерѣдко въ подмытомъ берегѣ наблюдаются настоящіе навѣсы, гроты и отверстія въ формѣ воротъ. Примѣромъ можетъ служить „Лазурный гротъ“ острова Капри и „Чайковыя или Желѣзныя Ворота“ на Медвѣжьемъ островѣ (рис. 321); типичныя формы размыванія въ видѣ навѣсовъ наблюдаются у крутыхъ береговъ Англіи и на островѣ Гельголандѣ.

При обвалѣ такихъ гротовъ, навѣсовъ и воротъ сразу теряются значительные участки суши, и въ нѣкоторомъ разстояніи отъ новаго берега появляются крутые выступы скалъ, которые, преломляя волны, защищаютъ берегъ отъ непосредственнаго

дѣйствія ихъ. Нѣкоторые утесы у крутыхъ известняковыхъ береговъ образовались такимъ именно способомъ. Простираніе пластовъ и чередованіе породъ, обладающихъ разною степенью сопротивляемости, имѣетъ огромное вліяніе на быстроту разрушенія. Если слои падаютъ къ морю, то сила береговой волны понижается какъ вслѣдствіе тренія, которое она преодолѣваетъ, скользя по наклонной поверхности пластовъ, такъ и вслѣдствіе противодѣйствія воды, обратно стекающей внизъ. По той же причинѣ размываніе достигаетъ слабыхъ размѣровъ у всѣхъ пологихъ и плоскихъ береговъ.

Рис. 322. Морской берегъ на островѣ Капри.

Наоборотъ, если пласты породъ падаютъ по направленію къ сушѣ, то волны, обрушиваясь на ихъ головы, встрѣчаютъ благопріятныя условія для проявленія своей разрушительной дѣятельности. Прекраснымъ примѣромъ можетъ служить островъ Гельголандъ: на сѣверо-восточномъ берегу, гдѣ пласты наклонены въ морю, видны только слабые слѣды разрушенія; наоборотъ, на юго-западной сторонѣ острова, гдѣ крутые берега образованы слоями, падающими къ сушѣ, мы находимъ живописные столбы и гроты, наглядно свидѣтельствующіе о силѣ происходящаго здѣсь размыванія.

Если пласты располагаются горизонтально и въ ряду ихъ находится порода малой сопротивляемости, то этимъ создаются особенно благопріятныя условія для образованія желобчатыхъ углубленій и навѣсовъ, которые при дальнѣйшемъ подмываніи обрушиваются въ воду (см. рис. 323). Первоначально этотъ процессъ разрушенія происходитъ въ широкихъ размѣрахъ, особенно

если порода разбита трещинами (см. рис. 324), но далѣе образуются ступенчатые уступы, соотвѣтствующіе выходамъ болѣе прочныхъ пластовъ; сила прибойныхъ волнъ послѣ этого уменьшается, и разрушеніе происходитъ болѣе медленно *).

Разрушительному дѣйствію морскихъ волнъ подлежатъ сравнительно высокія части береговъ; тѣ части послѣднихъ, которыя всегда остаются покрытыми водой и бываютъ обнажены только при отливахъ, размываются въ слабой степени; вслѣдствіе этого у подножія береговыхъ утесовъ образуется обширная почти горизонтальная площадка, едва приподнимающаяся по направленію къ сушѣ; это въ свою очередь

Рис. 323. Морской берегъ Херревика на Готландѣ. (По Линдстрёму.)

влечетъ за собою измѣненія въ дѣятельности прибойныхъ волнъ и уменьшаетъ размѣры производимыхъ ими разрушеній. Подмытыя и лишенныя опоры массы

*) Образованіе навѣсовъ наблюдается у насъ на берегу Крыма отъ м. Лукула до Херсонеса, а также между Ѳеодосіей и Керчью. Въ такихъ же условіяхъ находится западный берегъ Каспійскаго моря отъ Дербента до Низовой пристани и восточный между мысами Урдюкъ и Сагандыкъ, а также между Кендерлинскимъ заливомъ и вызвышенностями Тюльдюль-ата. Въ Финскомъ заливѣ слѣды такихъ разрушеній наблюдаются въ нѣкоторыхъ частяхъ береговъ, состоящихъ изъ силурійскихъ известняковъ, напр., на островахъ Эзелѣ и Даго.

На оконечности Аюдага въ Крыму, представляющаго кристаллическій массивъ, существуетъ тѣмъ не менѣе цѣлый рядъ выбоинъ.

Рѣзкія проявленія разрушительной дѣятельности волнъ видны въ Днѣпровскомъ лиманѣ между Куцурюбами и Очаковымъ; отвѣсно спускающійся берегъ состоитъ здѣсь изъ огромныхъ толщъ глины; подмываемая волнами, она отваливается отъ материка въ видѣ гигантскихъ стѣнъ. Особенно сильныя разрушенія представляетъ береговой обрывъ въ Очаковѣ; въ сравнительно короткое время нѣкоторыя мазанки здѣсь настолько приблизились къ берегу, что обитаніе въ нихъ сдѣлалось невозможнымъ. Хижины, ближайшія къ берегу, представляютъ различныя степени разрушенія: у однѣхъ переднія стѣны находятся въ уровень съ обрывомъ, у другихъ онѣ уже совершенно обвалились; наконецъ, есть и такія постройки, отъ которыхъ сохранились только остатки заднихъ стѣнъ.

Прим. перев.

падаютъ на эту площадь и скопляясь здѣсь, защищаютъ стоящіе за ними берега (см. рис. 325); при такихъ условіяхъ дѣйствіе волнъ ограничивается передвиженіемъ обломковъ, обтачиваніемъ и раздробленіемъ ихъ въ мелкій песокъ; когда скопившіяся внизу массы будутъ разрушены и унесены, опять начнется подмываніе берега. Это явленіе подало мысль объ устройствѣ искусственной защиты отъ разрушительнаго дѣйствія моря. Такъ, напр., у утеса Шекспира близъ Довера была взорвана порохомъ и низвергнута въ море верхняя

Рис. 324. Морской берегъ Азунда на Готландѣ. (По Натгорсту.)

часть береговыхъ скалъ; огромныя массы обломковъ являются прекрасной защитой берега и на многія тысячелѣтія задержатъ разрушительную дѣятельность моря.

Но оставляя даже въ сторонѣ періодическіе обвалы, слѣдуетъ указать, что присутствіе у береговъ слабо наклоненной площадки уже само по себѣ уменьшаетъ размываніе: каждая волна, скользя по наклонной поверхности вверхъ, теряетъ часть своей силы и слабѣе ударяетъ о берегъ. Эта площадка продолжаетъ постепенно расширяться и, наконецъ, дальнѣйшее размываніе становится невозможнымъ. Отсюда ясно, что при неизмѣнности уровня моря разрушительная дѣятельность волнъ далжна рано или поздно совсѣмъ прекратиться; за предѣлы относительно узкой прибрежной полосы размываніе можетъ распространяться только благодаря перемѣщенію самыхъ материковъ и морей.

Движенія береговой линіи кладутъ сильный отпечатокъ на характеръ разрушительной дѣятельности моря. Если уровень моря медленно падаетъ и вслѣдствіе этого берега становятся все выше, то постоянная береговая терраса не

можетъ образоваться: она появляется на короткое время и, по мѣрѣ подниманія берега, разрушается. Впрочемъ такое явленіе наблюдается лишь при равномѣрности движенія и неизмѣнности условій размыванія; если же процессъ поднятія на нѣкоторое время останавливается, то образуется значительная горизонтальная площадка и при дальнѣйшемъ движеніи сохраняется въ видѣ такъ называемой береговой линіи; примѣры подобныхъ образованій были разсмотрѣны выше (стр. 442).

Гораздо важнѣе тѣ явленія, которыя происходятъ при осѣданіи суши и поднятіи уровня моря. Въ этомъ случаѣ береговая терраса не можетъ образо-

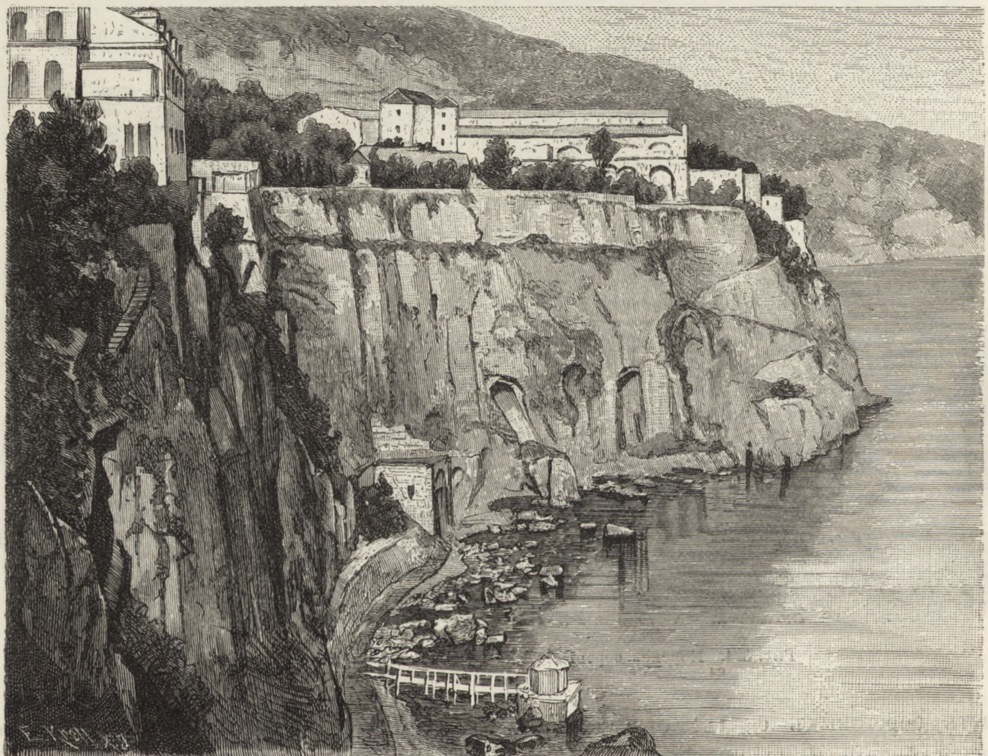


Рис. 325. Морской берегъ у Сорренто.

ваться, и размываніе безпрепятственно распространяется вглубь материка. Если опусканіе суши происходитъ достаточно медленно, то наступающее море можетъ сгладить всѣ неровности, разрушить даже значительныя горы и образовать слабо приподнимающуюся равнину. На поверхности послѣдней останется значительная часть продуктовъ разрушенія, которые образуютъ несогласно напластованные горизонтальные или почти горизонтальные слои. Одно время англійскіе геологи приписывали дѣятельности прибоя происхожденіе почти всякаго размытаго выступа и располагающейся передъ нимъ равнины. Позднѣе это объясненіе было оставлено, но въ самое послѣднее время *Рихтгофенъ* наблюдалъ въ Китаѣ явленія, которыя не допускаютъ никакихъ другихъ толкованій, а потому дѣйствію морскихъ волнъ пришлось опять отвести выдающуюся роль; значеніе этого процесса, полу-

чившаго названіе *смыва* или *абразіи* (Abrasion), всего лучше охарактеризовать словами самого Рихтгофена

„Въ ряду явленій, имѣвшихъ важное значеніе въ геологической исторіи сѣвернаго Китая, видное мѣсто слѣдуетъ отвести образованію трансгрессивно расположенныхъ пластовъ. Въ случаѣ спокойнаго распространенія моря на поверхность материка, новоотложившіяся породы должны были бы залегать на неровной почвѣ образованной болѣе или менѣе значительными выступами и глубокими долинами. Ничего подобнаго не наблюдается въ Китаѣ: пласты располагаются здѣсь на совершенно ровной плоской поверхности, которая лишь мѣстами пріобрѣтаетъ волнистый характеръ и иногда представляетъ террассовидные уступы. Въ рѣдкихъ случаяхъ видны болѣе или менѣе значительные твердые выступы, закрытые вполнѣ или отчасти горизонтальными слоями; поверхность напластованія послѣднихъ пересѣкаетъ древнія породы независимо отъ характера ихъ залеганія; складки, образованныя этими породами, и выходы круто падающихъ слоевъ выровнены и сглажены. Происходившее здѣсь размываніе достигало огромныхъ размѣровъ. Отдѣльныя сохранившіяся еще мульды представляютъ лишь остатки осадочныхъ пластовъ, мощность которыхъ достигала нѣсколькихъ тысячъ футовъ и которые волнообразно изгибались на поверхности, образуя многочисленныя складки. Размываніе уничтожило не только верхніе слои этихъ складокъ, но также и захваченныя имъ болѣе древнія породы.

„Ясно, что эти размытыя породы выдвинулись послѣ ихъ осажденія въ видѣ горъ и образовали материкъ. Такимъ образомъ каждой трансгрессіи моря предшествовалъ періодъ, когда материкъ подвергался сглаживанію и превращался въ равнину съ болѣе или менѣе волнообразнымъ характеромъ поверхности".

Нельзя сомнѣваться въ справедливости этого объясненія; дѣятельность прибоя можетъ привести къ описаннымъ результатамъ и, вѣроятно, во многихъ случаяхъ ей именно и слѣдуетъ приписать происхожденіе разсматриваемыхъ явленій. Но нужно съ большою осторожностью относиться къ обобщенію выводовъ Рихтгофена и никоимъ образомъ не распространять ихъ на всѣ тѣ мѣстности, гдѣ наблюдаются описанные слѣды сглаживанія и выравниванія. Мы уже указывали, что продукты разрушенія, образованные дѣйствіемъ прибоя, остаются на мѣстѣ и отлагаются въ видѣ трансгрессирующихъ слоевъ; тамъ, гдѣ послѣдніе присутствуютъ, всѣ явленія смыванія должны быть приписаны дѣятельности моря. Иначе обстоитъ дѣло, если трансгрессирующихъ пластовъ не наблюдается: въ однихъ случаяхъ они могли быть разрушены дѣятельностью проточныхъ водъ, а въ другихъ не существовали и вовсе. Примѣромъ мѣстности, къ которой безусловно непримѣнимо объясненіе Рихтгофена, является Чехія: здѣсь мы находимъ породы, напластованныя несогласно и расположенныя на головахъ архейскихъ, силлурійскихъ и девонскихъ образованій; но, какъ показываютъ окаменѣлости, эти угленосныя породы отлагались не на днѣ моря, а изъ водъ прѣсноводнаго озера.

Отсюда неизбѣжно заключить, что поверхности смыва (абразіи) могутъ образоваться и безъ участія моря: по крайней мѣрѣ, такое объясненіе наиболѣе вѣроятно въ тѣхъ случаяхъ, когда на нихъ отсутствуютъ трансгрессирующіе осадки моря. Является вопросъ, какъ могли произойти эти сглаженныя площади безъ участія морскихъ волнъ? Выше уже было указано, что всѣ горы, дальнѣйшее развитіе которыхъ остановилось, разрушаются дѣйствіемъ проточныхъ водъ; цѣлый

рядъ наблюденій показываетъ, что многія изъ тѣхъ странъ, гдѣ нѣкогда въ широкихъ размѣрахъ дѣйствовали горообразующія силы, постепенно выровнялись: горы были разрушены, и рѣки, направляясь по законамъ паденія къ морю, образовали равномѣрно покатую поверхность, сходную съ тою, которая создается дѣйствіемъ наступающаго океана. Полная независимость внѣшнихъ формъ такой поверхности отъ условій залеганія образующихъ ее породъ возможна и въ данномъ случаѣ; результатъ оказывается одинаковымъ, независимо отъ того, являются-ли дѣятелемъ смыванія волны наступающаго моря, или ручьи и рѣки, протекающіе по поверхности.

Дѣятельность моря не ограничивается однимъ разрушеніемъ, но извѣстная часть работы волнъ заключается и въ созиданіи: въ одно и то же время море заставляетъ отступать мысы внутрь материка и выдвигаетъ берега бухтъ въ море; тамъ, гдѣ проявляется такая двоякая дѣятельность прибоя, профиль береговой линіи постепенно измѣняется и стремится пріобрѣсти форму слабо изогнутой кривой. Такое выравнивающее дѣйствіе моря на берегъ приводитъ между прочимъ къ образованію лимановъ, отдѣленныхъ намывными перемычками, и такъ какъ такіе лиманы имѣютъ широкое распространеніе на югѣ Россіи, то будетъ небезинтересно остановиться подробнѣе на созидающей дѣятельности моря.

Продукты разрушенія подвергаются въ морѣ извѣстной сортировкѣ; движеніе, производимое волненіемъ и сопровождающееся перемѣщеніемъ твердыхъ частицъ, подлежитъ уменьшенію какъ въ горизонтальномъ такъ и вертикальномъ направленіяхъ. Вслѣдствіе этого разнообразный обломочный матеріалъ распредѣляется сообразно съ его крупностью на различныхъ глубинахъ и въ разномъ разстояніи отъ берега.

Болѣе или менѣе значительные обломки горныхъ породъ, отдѣлившіеся отъ скалистыхъ береговъ, не подлежатъ сколько-нибудь значительному перемѣщенію и остаются приблизительно на мѣстахъ ихъ первоначальнаго происхожденія. Образовавши значительныя скопленія, препятствующія морскимъ волнамъ достигать подножія утесовъ, они сами перемѣщаются лишь въ самой ограниченной степени. Во время волненій обломки приходятъ въ движеніе и вслѣдствіе этого постепенно округляются и растираются, доставляя матеріалъ для образованія песку и мути, уносимыхъ водою далѣе отъ берега. Скопленія крупныхъ обломковъ занимаютъ небольшую полосу и скоро уступаютъ мѣсто болѣе мелкому матеріалу.

За каменистою полосою, а въ мѣстахъ ея отсутствія непосредственно у самаго берега начинаются песчаныя отложенія; въ зависимости отъ количества мелкаго матеріала, доставляемаго непосредственнымъ разрушеніемъ береговъ и вносимаго рѣками, песчаная полоса обладаетъ различною шириною и простирается на разную глубину. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ правильность распредѣленія осадковъ не нарушается дѣйствіемъ побочныхъ причинъ, за предѣломъ песчаныхъ отложеній слѣдуетъ полоса ракуши сначала битой, а потомъ цѣльной; по свидѣтельству г. Гримма въ Каспійскомъ морѣ ракушечникъ образуетъ широкую и мощную ленту, достигающую ширины у восточнаго берега 50 морск. миль и у западнаго — 20. Наконецъ, за ракушечною полосою, а тамъ, гдѣ она отсутствуетъ, непосредственно за песчаными отложеніями располагается илъ, имѣющій во всѣхъ моряхъ самое обширное распространеніе: мельчайшія частицы его далеко разносятся водой и медленно осаждаются при совершенномъ прекращеніи движенія. Илистый грунтъ вездѣ занимаетъ самыя глубокія части моря и только въ видѣ исключенія подходитъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ къ самому берегу.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ берегъ достаточно пологъ и гдѣ море уже не проявляетъ разрушительной дѣятельности, происходитъ непрерывное намываніе песку, гравія и галекъ, которые скопляются въ огромныхъ количествахъ. Песчаные „намывные“ берега давно уже привлекали вниманіе изслѣдователей однообразною правильностью своихъ очертаній. При одномъ взглядѣ на тщательно исполненную карту можно почти безошибочно опредѣлить, гдѣ берегъ намытъ волнами и гдѣ онъ этого характера не имѣетъ. Такъ, напр., очертаніе намывного берега Курляндіи съ весьма слабо и плавно изогнутыми линіями рѣзко отличается отъ круто извилистаго, какъ бы изгрызеннаго берега Финляндіи. Эту поразительно правильную и изящную кривую Элиде-Бомонъ, а за нимъ и Реклю называютъ „кривою наибольшой устойчивости“; она представляетъ рядъ незначительныхъ вогнутостей и плоскихъ выступовъ и, по мѣткому выраженію Ламбарди, можетъ быть уподоблена слабо натянутой цѣпи, которая поддерживается лишь на большихъ разстояніяхъ.

Чтобы составить приблизительное понятіе о самомъ процессѣ намыванія, необходимо наблюдать дѣйствіе волнъ, когда онѣ набѣгаютъ на берегъ. Плоскіе песчаные берега во время бури представляютъ весьма характерное зрѣлище, не лишенное своеобразнаго величія: волна за волной набѣгаетъ на сушу, вздымается все болѣе и болѣе по мѣрѣ приближенія къ берегу и на нѣкоторой опредѣленной линіи вспѣнивается и опрокидывается;

масса воды, составляющей волну, прiобрѣтаетъ поступательное движенiе и несется болѣе или менѣе толстымъ слоемъ впередъ и вверхъ, взбираясь на полого поднимающiйся берегъ; при такомъ подъемѣ движенiе воды постепенно замедляется, и когда энергiя наступающаго слоя израсходуется вполнѣ на сопротивленiе песчанаго берега, на тренiе о его поверхность и на противодѣйствiе воздуха и собственной тяжести, волна на мгновенiе останавливается и затѣмъ, подчиняясь дѣйствiю собственнаго вѣса, сначала тихо, потомъ все скорѣе и скорѣе сливается съ пологаго склона къ подножiю новой подвигающейся волны. Это „отливное теченiе" достигаетъ иногда значительной силы. Песчинки, составляющiя склонъ берега, слѣдуютъ за движенiемъ воды, т.-е. катаются вверхъ и внизъ. Намыванiе песка будетъ происходить только тогда, когда не весь матерiалъ, приносимый набѣгающею водой, будетъ увлекаемъ обратно отливнымъ теченiемъ; а для этого необходимо, чтобы скорость наступающей волны превосходила въ данной точкѣ быстроту отливнаго теченiя; послѣднее имѣетъ мѣсто только на крайне пологихъ берегахъ, склонъ которыхъ образуетъ съ горизонтомъ уголъ не болѣе 5^0. При такой пологости берега приливная волна имѣетъ еще ту характерную особенность, что въ самой верхней части склона, куда доносится послѣднiй всплескъ ея, происходитъ моментальное всасыванiе пескомъ воды; такимъ образомъ отливное теченiе начинается не отъ той линiи, до которой доходитъ вода при поступательномъ движенiи, а нѣсколько отступя. Ширина полосы, на которой вода всасывается, весьма различна и находится въ прямой зависимости отъ силы волненiя и пологости склона; при наиболѣе благопрiятныхъ условiяхъ она достигаетъ на берегахъ Балтiйскаго моря одной сажени и даже больше. Вотъ на этой-то полосѣ, не имѣющей отливнаго теченiя, и происходитъ намыванiе песку. Болѣе крупныя зерна, гравiй и гальки могутъ осаждаться и ниже той линiи, откуда начинается отливное теченiе, такъ какъ въ началѣ оно имѣетъ слишкомъ незначительную скорость.

Результатомъ намыванiя, производимаго прибоемъ волнъ, является слой изъ песку, галекъ или валуновъ, такъ называемый *„береговой валъ"*; онъ постепенно утолщается кверху и имѣетъ видъ болѣе или менѣе пологой, слегка вогнутой гряды. На склонѣ такого вала, образовавшагося во время бурь, налегаютъ небольшими грядками слои песку, намытые во время слабыхъ волненiй, и сообщаютъ ему ступеньчатый видъ. Высота намывныхъ отложенiй вообще небольшая и зависитъ отъ высоты прибоя и крупности обломочнаго матерiала; на берегахъ Балтiйскаго моря она не превосходитъ $1^1/_2$ метра надъ поверхностью берега и $2^1/_2$ метр. надъ уровнемъ моря; на берегахъ Атлантическаго океана валы, состоящiе изъ галекъ и валуновъ, достигаютъ 5 метр. Что касается общаго количества намываемаго песку, то при благопрiятныхъ условiяхъ оно бываетъ весьма значительно. Иногда въ одну бурю море выбрасываетъ на берегъ такiя громадныя массы песку, которыя при обыкновенныхъ условiяхъ не намоются въ продолженiе цѣлаго года и даже въ теченiе нѣсколькихъ лѣтъ. Такъ, напр., во время сильной бури, бывшей въ Кронштадскомъ заливѣ 27 августа 1879 года и причинившей немалыя опустошенiя во многихъ мѣстахъ на берегу, покрытомъ дерномъ, напр., между Лахтой и Лисьимъ Носомъ, на протяженiи 9 верстъ образовался валъ изъ песку, галекъ и гравiя; онъ обладалъ высотою около одного метра (надъ поверхностью берега) и у основанiя достигалъ отъ 5 до 15 метр. въ ширину. Въ среднемъ можно считать, что на каждый метръ берега было намыто до 8 куб. метр. песку, т.-е. всего около 80,000 куб. метр. *(Н. А. Соколовъ).* На западномъ берегу Ютландiи во время сильной бури 1825 г. близъ Агеры былъ намытъ береговой валъ въ 3 метр. высотою. По опредѣленiю Лаваля на весь берегъ Гаскони намывается ежегодно около 6 миллiоновъ куб. метр. песку и галекъ.

Переносная дѣятельность волнъ ограничивается обыкновенно довольно узкою прибрежною полосой; во время сильныхъ бурь на мелководномъ прибрежьѣ полоса, на которой движется песокъ, можетъ имѣть въ ширину нѣсколько верстъ. Доказательствомъ этому служитъ образованiе песчаныхъ отмелей-рифовъ, расположенныхъ на нѣкоторомъ разстоянiи отъ берега, иногда въ нѣсколько рядовъ; отъ суши они отдѣляются болѣе или менѣе глубокими ложбинами. Въ Бѣломъ морѣ по окраинамъ Двинскаго залива такiя отмели весьма распространены; онѣ называются здѣсь *„застругами"* и тянутся въ разстоянiи саженей 20-ти отъ берега. Подобныя же песчаныя гряды существуютъ и въ Азовскомъ морѣ, гдѣ ихъ называютъ *„забуруньями"*. Послѣднiя составляютъ довольно обычное явленiе и въ Каспiйскомъ морѣ. При благопрiятныхъ условiяхъ такiе отмели-рифы превращаются въ подводные валы и мало-по-малу соединяются съ берегомъ. Такъ, напр., въ Азовскомъ морѣ параллельно Ясенской косѣ проходила узкая песчаная отмель; во время низовой бури 1857 года она поднялась въ видѣ вала значительно выше обыкновеннаго уровня моря; протокъ, оставшiйся между этимъ валомъ и косою, впослѣдствiи былъ окончательно засыпанъ пескомъ. Такимъ образомъ, благодаря застругамъ и забуруньямъ, намывная прибрежная полоса также постепенно увеличивается.

Другимъ проявленiемъ созидающей дѣятельности морскихъ волнъ является намыванiе косъ; въ однихъ случаяхъ онѣ образуютъ у береговъ болѣе или менѣе покойные заливы, въ другихъ отгораживаютъ уже существующiя бухты и превращаютъ ихъ въ закрытые лиманы. Косы появляются только тамъ, гдѣ глубина вблизи береговъ незначительна; по этой причинѣ Азовское море, какъ самое мелководное въ Россiи, наиболѣе богато ими. Характерная особенность косъ заключается въ томъ, что на протяженiи одного и того же берега онѣ располагаются въ одномъ господствующемъ направленiи, которое

въ свою очередь соотвѣтствуетъ направленію теченія въ данномъ морѣ. Въ этомъ отношеніи наибольшую правильность представляетъ Каспійское море. На западномъ берегу его косы вытягиваются на югъ, на восточномъ — на сѣверъ и на южномъ — на западъ. Этимъ же направленіямъ слѣдуютъ и существующія у различныхъ береговъ теченія. Приведенныя особенности косъ позволяютъ объяснить и происхожденіе ихъ.

Песокъ, гальки и валуны выносятся на берегъ только въ томъ случаѣ, когда волны идутъ въ перпендикулярномъ къ нему направленіи. Наоборотъ, если въ силу существующихъ теченій и господствующихъ вѣтровъ волны пробѣгаютъ параллельно берегу, то весь обломочный матеріалъ проносится мимо. Наконецъ, если уголъ удара волнъ косой, то сила ихъ распадается на двѣ слагающихъ; одна направляется къ берегу, другая дѣйствуетъ параллельно ему; весь песокъ, гравій и гальки распредѣляются двоякимъ образомъ: одна часть ихъ выбрасывается на берегъ, а другая проносится дальше и, достигая мѣстъ, гдѣ существуютъ условія, благопріятныя для отложенія, образуетъ косы. Такія именно условія наблюдаются на границѣ бухтъ, глубоко врѣзывающихся въ сушу; встрѣчаясь съ покойными водами ихъ, волны теряютъ часть своей силы и отлагаютъ несомыя ими твердыя тѣла; вслѣдствіе этого съ одного или двухъ краевъ бухты выдвигаются низкія намывныя косы, свободныя концы которыхъ постепенно сближаются. Сомкнувшись на полдорогѣ, онѣ превращаютъ бухту въ лиманъ, а сами получаютъ названіе *пересыпей* или *стрѣлокъ*. Послѣднія, такимъ образомъ, представляютъ образованія, совершенно аналогичныя береговымъ валамъ. Нѣкоторые изслѣдователи (Данилевскій) приписывали ихъ происхожденіе медленному дѣйствію рѣчныхъ теченій и морскихъ волнъ, но такое объясненіе опровергается уже тѣмъ, что многіе заливы вовсе не принимающіе въ себя рѣчекъ, напр., Кара-Бугазъ, тѣмъ не менѣе превратились въ лиманы.

Среди русскихъ лимановъ, безспорно, самыми любопытными являются лиманы Чернаго моря. Эти своеобразные водоемы, по своему положенію и очертаніямъ представляющіе какъ бы расширенныя устья рѣкъ и балокъ, но наполненныя соленою водою, обратили на себя вниманіе уже первыхъ натуралистовъ-путешественниковъ, посѣтившихъ степи Новороссіи въ концѣ прошлаго и началѣ настоящаго столѣтія. Съ тѣхъ поръ лиманы подвергались самымъ разнообразнымъ изслѣдованіямъ, которыя привели къ довольно полному выясненію ихъ физико-географическихъ особенностей и характера населяющей ихъ фауны. Что же касается происхожденія лимановъ, то этотъ вопросъ затрогивался до сихъ поръ весьма поверхностно, и только благодаря новѣйшей работѣ *Н. Соколова* (1895 г.), предсталъ въ совершенно новомъ и чрезвычайно интересномъ освѣщеніи. Мы познакомимся съ объясненіемъ г. Соколова въ самыхъ общихъ чертахъ.

На сѣверныхъ берегахъ Чернаго и Азовскаго морей, отъ устья Дуная и до впаденія Дона (исключая Крымъ), насчитывается до 20 болѣе или менѣе значительныхъ лимановъ, изъ которыхъ наибольшій (Днѣпровскій) имѣетъ до 60 верстъ въ длину и до 12 въ ширину. Значительно больше количество мелкихъ лимановъ; многіе изъ нихъ наполняются водою только въ весеннее половодье или послѣ очень сильныхъ дождей, въ остальное же время года представляютъ солонцеватыя, заболоченныя ложбины (солонцы, засухи). Очертаніе лимановъ весьма разнообразно: одни изъ нихъ, какъ, напр., Міусскій лиманъ, Тилигульскій и въ значительной части Бугскій, узки и извилисты и напоминаютъ своимъ видомъ рѣки; другіе, какъ, напр., лиманъ Днѣпровскій, представляютъ удлиненныя, но довольно широкія озера; нѣкоторые раздваиваются или даже развѣтвляются на нѣсколько отроговъ.

Несмотря на разнообразіе очертаній лимановъ, сразу нельзя не замѣтить, что форма ложбинъ, ими занятыхъ, вполнѣ соотвѣтствуетъ характеру долинъ, рѣкъ или балокъ, продолженіемъ которыхъ они являются. Нѣкоторые лиманы, какъ, напр., Бугскій, до такой степени незамѣтно переходятъ въ рѣку, что основываясь на топографическихъ признакахъ, невозможно рѣшить, гдѣ кончается рѣка и начинается лиманъ. Почти во всѣхъ лиманахъ глубина повышается по направленію къ морю; фарватеръ въ Бугскомъ лиманѣ ниже г. Николаева идетъ не по срединѣ, но образуетъ сильные изгибы и приближается то къ одному, то къ другому берегу. По своему очертанію и положенію эти изгибы вполнѣ соотвѣтствуютъ тому, какъ извивалась бы рѣка среди образованной ею долины. По геологическому строенію берега лимановъ представляютъ непосредственное продолженіе склоновъ въ соотвѣтствующихъ имъ долинахъ рѣкъ и балокъ. При этомъ слои, обнажающіеся на одномъ берегу лимана, являются прямымъ продолженіемъ слоевъ противуположнаго берега и залегаютъ на строго соотвѣтствующей высотѣ. Все это показываетъ, что ложбины лимановъ представляютъ *долины размыва* и что онѣ не могли возникнуть вслѣдствіе какихъ-либо дислокаціонныхъ явленій: происхожденіе ихъ должно быть приписано размывающей дѣятельности текущихъ водъ.

Но если сопоставить физико-географическія условія всѣхъ лимановъ, какъ закрытыхъ, такъ и открытыхъ, то окажется, что эти водоемы по составу воды, характеру населяющей ихъ фауны, отсутствію всякихъ слѣдовъ рѣчного теченія и рѣчного ледохода являются морскими заливами, глубоко вдающимися въ сушу. Такія на первый взглядъ трудно согласимыя особенности лимановъ прекрасно объясняются г. Соколовымъ; онъ допускаетъ, что образованіе ложбинъ, занятыхъ ими, происходило при болѣе низкомъ уровнѣ моря; при послѣдовавшемъ затѣмъ поднятіи уровня, море затопило низовья рѣкъ и балокъ и образовало заливы, глубоко вдающіеся въ материкъ

и сохранившіе очертанія рѣчныхъ долинъ; вслѣдствіе отдѣленія отъ моря при посредства пересыпей эти заливы превратились впослѣдствіи въ лиманы.

Такое предположеніе подтверждается изслѣдованіемъ осадковъ на днѣ лимана; интересныя, но, къ сожалѣнію малочисленныя данныя свидѣтельствуютъ, что въ лиманахъ раньше осажденія ила съ морскими раковинами отлагались слои рѣчного происхожденія.

Образованія ложбинъ-лимановъ Н. Соколовъ относитъ къ концу третичнаго или началу четвертичнаго періода; характеръ фауны, населяющей лиманы, показываетъ, что море проникло въ долины рѣкъ въ то время, когда оно имѣло уже современныхъ обитателей; это заставляетъ принять, что положительное движеніе береговой линіи произошло уже послѣ соединенія Чернаго моря съ Средиземнымъ.

Такимъ образомъ новѣйшія изслѣдованія г. Соколова показали, что происхожденіе лимановъ никоимъ образомъ нельзя приписывать совмѣстному размыванію морскихъ волнъ и текучихъ водъ, а также невозможно считать ихъ ложбины частями моря и обыкновенными морскими заливами, какъ это принималось до сихъ поръ многими учеными.

Перев.

Дѣятельность льда.

На ряду съ водою рѣкъ и морей работаетъ рядъ другихъ второстепенныхъ дѣятелей разрушенія, среди которыхъ первое мѣсто слѣдуетъ отвести льду и снѣгу. Непосредственно снѣгъ принимаетъ ничтожное участіе въ размельченіи и переносѣ твердыхъ породъ: низвергаясь съ высочайшихъ вершинъ въ формѣ такъ называемыхъ лавинъ, онъ увлекаетъ своими массами камни и землю; но этимъ и ограничивается вся прямая дѣятельность его. Зато посредственное участіе снѣга въ процессахъ разрушенія чрезвычайно громадно: скопляясь зимою въ продолженіе многихъ недѣль и мѣсяцевъ, онъ образуетъ мощный покровъ, одѣвающій горы и долины; съ наступленіемъ теплаго времени эти огромныя скопленія атмосферныхъ осадковъ переходятъ въ жидкое состояніе, быстро стекаютъ по склонамъ, и наводнившіеся рѣки и ручьи усиливаютъ свою разрушительную дѣятельность.

Но еще значительнѣе работа льда. Ледяной покровъ, оковывающій зимою озера и мелководныя части морей, въ геологическомъ смыслѣ имѣетъ мало значенія; но ледъ, который несутъ весною рѣки, во многихъ случаяхъ является дѣятелемъ важнѣйшихъ измѣненій. Вначалѣ ледяныя глыбы движутся безпрепятственно, но мало-по-малу въ мелкихъ мѣстахъ, на меляхъ и т. п. онѣ останавливаются и, скопляясь въ огромномъ числѣ, образуютъ такъ называемыя „заторы" или „зажоры", загромождающія русло рѣки. Съ этого момента ледъ перестаетъ двигаться, рѣка „останавливается".

При этомъ льдины собираются не только на поверхности; онѣ надвигаются другъ на друга, скопляются подъ наружнымъ покровомъ и препятствуютъ стоку воды. Извѣстно, какъ грозны катастрофы, которыя возникаютъ благодаря такимъ заторамъ и выражаются сильнѣйшими наводненіями. Послѣднимъ толчкомъ, вызывающимъ ихъ наступленіе, является нерѣдко оттепель; впрочемъ, если теплая погода распространяется отъ низовьевъ къ истокамъ или температура повышается постепенно и почти незамѣтно, то большой опасности не предвидится: ледъ начинаетъ таять, скопившіяся глыбы раздробляются и уносятся теченіемъ. Но не то бываетъ, когда оттепель наступаетъ вдругъ и распространяется отъ верховьевъ къ устью; огромныя массы воды, получающейся отъ таянія снѣга, устремляются внизъ и несутъ съ собой новыя льдины; послѣднія скопляются у затора и увеличиваютъ массу образующихъ его льдовъ. Подъ напоромъ наводненной рѣки ледяной покровъ начинаетъ лопаться, но не сразу на всемъ протяженіи; льдины, оборвавшіяся вверху, уносятся внизъ, и заторъ все растетъ; въ хаотическомъ безпо-

рядкѣ глыбы громоздятся здѣсь другъ на друга и нерѣдко образуютъ скопленія высотою съ домъ. Рѣка наводняется, и воды ея достигаютъ вершинъ насыпей, которыя служатъ единственною защитой прибрежныхъ низменностей и сдерживаютъ рѣку, поднявшуюся выше крышъ домовъ; но вода быстро подмываетъ эти насыпи, и въ разныхъ мѣстахъ уже скоро начинаютъ пробиваться черезъ ихъ толщу тонкія струи. Единственное средство спасенія — какъ можно скорѣе укрѣплять поврежденныя мѣста насыпей. Но, наконецъ, заторъ не выдерживаетъ давленія воды, огромныя массы льда величественно устремляются внизъ; опасность устранена, если только гдѣ-нибудь дальше не произойдетъ новой остановки.

Многія изъ европейскихъ рѣкъ, — Рейнъ, Эльба, Висла, — обнаруживаютъ наклонность къ образованію заторовъ, но особенно часто это явленіе происходитъ на Дунаѣ. Послѣ очистки и углубленія русла этой рѣки, наводненія у Вѣны болѣе не случались, но возможность ихъ повторенія не исключена; ниже названнаго города въ западной части Венгріи встрѣчаются обширныя песчаныя мели, способствующія образованію заторовъ; если русло рѣки и здѣсь будетъ очищено, то всякая опасность исчезнетъ, и жители будутъ спокойно встрѣчать весеннее вскрытіе рѣки.

Геологическія послѣдствія заторъ разнообразны: какъ и при всякомъ наводненіи, разлившаяся рѣка отлагаетъ на берегахъ осадки и повышаетъ свою пойму; на ряду съ этимъ наблюдаются и болѣе крупныя измѣненія: въ рѣкахъ, которыя представляютъ у устья многочисленныя развѣтвленія, нерѣдко одинъ изъ рукавовъ заносится твердыми отложеніями и пересыхаетъ; движеніе водъ концентрируется въ другихъ рукавахъ; если въ послѣднихъ образуются заторы, то воды рѣки всею своею массою направляются по пересохшему рукаву и быстро размываютъ загромождающіе его осадки; такимъ образомъ происходитъ перемѣщеніе русла. Во всякомъ случаѣ въ описанныхъ до сихъ поръ процессахъ ледъ принимаетъ только непосредственное участіе.

Иная роль принадлежитъ такъ называемому грунтовому льду (Grundeis), который образуется на днѣ рѣкъ и облекаетъ лежащіе тамъ обломки твердыхъ породъ. Поднимаясь вверхъ и увлекая за собою камни, этотъ ледъ служитъ для переноса обломочнаго матеріала, который, дѣйствительно, нерѣдко находятъ въ такихъ мѣстахъ, куда онъ не могъ быть занесенъ потокомъ. Если облеченные льдомъ обломки не могли всплыть и двигались по каменистому дну рѣки, то они нерѣдко покрываются такими же штрихами и царапинами, какія наблюдаемъ мы въ ледниковыхъ отложеніяхъ. Наконецъ, говоря о дѣятельности рѣчного и озернаго льда, необходимо упомянуть о появленіи мелкихъ складокъ въ рыхлыхъ прибрежныхъ отложеніяхъ: эти складки образуются вслѣдствіе бокового давленія заторовъ и скопленій льда на озерахъ *).

---

*) По свидѣтельству *Лопатина*, весенній ледъ на р. Енисеѣ въ Сибири увлекаетъ не только слои ила, песка и глины, но также мелкіе камни и даже валуны до 0,36 куб. метр. въ объемѣ; судя по единичнымъ даннымъ, общая масса переносимыхъ породъ должна быть весьма значительна; такъ, напр., небольшая льдина шириною около 3,2 метр. и длиною 5 метр., проходя мимо деревни Вершининой, несла на себѣ около 3 куб. метр. песку и галекъ; известняковые утесы среди р. Енисея усѣяны діоритовыми валунами до 0,36 куб. метр., которые были сюда занесены льдомъ. Льдины со вмерзшими камнями и пескомъ, проходя надъ утесами, шлифуютъ ихъ и покрываютъ *царапинами* и *бороздами*; валуны съ явными слѣдами такого дѣйствія встрѣчаются на плоскихъ побережьяхъ Енисея

Ледники и ихъ движеніе.

Разсмотренныя до сихъ поръ явленія имѣютъ лишь второстепенное значеніе, и геологическая дѣятельность льда достигаетъ наибольшей силы въ такъ называемыхъ *ледникахъ* или *глетчерахъ,* которые олбадаютъ самостоятельнымъ движеніемъ и спускаются съ высочайшихъ областей горъ и изъ центральныхъ частей полярныхъ странъ *). Альпы въ Европѣ представляютъ многочисленные примѣры этихъ ледяныхъ рѣкъ, и хотя послѣднія значительно уступаютъ по своему развитію ледникамъ диллювіальной эпохи и современныхъ полярныхъ странъ, но сами по себѣ достигаютъ значительной мощности и даютъ богатый матеріалъ для изученія геологическаго дѣйствія ихъ (см. рис. 326).

Мы вступаемъ въ область любопытнѣйшихъ геологическихъ явленій, изученіе которыхъ представляетъ тѣмъ большій интересъ, что въ эпоху, непосредственно предшествовавшую нашей, огромныя массы льда сосредоточивались не только въ высочайшихъ областяхъ горъ и въ полярныхъ странахъ, но оковывали значительную часть Европы: ледники Альпъ спускались въ сосѣднія равнины, а ледники Скандинавіи достигали Англіи, Голландіи, подножія средне-германскихъ горъ и Карпатовъ и покрывали большую часть Россіи. Пониманіе широко распространенныхъ явленій ледниковой эпохи сдѣлалось возможнымъ только благодаря изученію современныхъ глетчеровъ; богатый фактическій матеріалъ, доказавшій полную несомнѣнность оледѣненія Европы, позволилъ начертать картину этого времени, до того своеобразную въ своихъ подробностяхъ, что даже самая пылкая фантазія не могла бы предугадать и сотой доли того, что дали непосредственныя наблюденія.

На извѣстной высотѣ, даже подъ экваторомъ, атмосферическіе осадки выпадаютъ въ формѣ снѣга, который въ зимнее время спускается ниже, лѣтомъ же поднимается до границы *снѣговой линіи.* Высота послѣдней зависитъ не только отъ географическаго положенія мѣста и, слѣдовательно, отъ теплоты климата, но также и отъ количествъ атмосферныхъ осадковъ; если массы выпадающаго снѣга достигаютъ огромныхъ размѣровъ, то для таянія ихъ требуется больше теплоты, чѣмъ въ противуположномъ случаѣ. Прекраснымъ примѣромъ служатъ Гималаи: на южной, болѣе умѣренной, но и болѣе богатой осадками сторонѣ этихъ горъ, снѣжная линія лежитъ

иногда въ значительныхъ количествахъ; около дер. Плахова виденъ утесъ съ отполированными ребрами и углами; по своей формѣ онъ напоминаетъ ледниковый куполъ. Проходя надъ берегомъ, образованномъ рыхлыми наносами, и двигая въ своей массѣ большіе валуны, льдины Енисея пропахиваютъ глубокія *полосы* или *желоба.* Въ нѣкоторыхъ случаяхъ послѣдніе тянутся на разстояніи около 40 метр., достигая въ ширину 05—07 метр. и въ глубину 8—13 сантим.

Кромѣ шлифовки, царапинъ и желобовъ ледъ производитъ еще по берегамъ рѣкъ любопытныя *накопленія,* которыя называются въ Сибири *кекурами* и *коргами.* Во время заторовъ льдины Енисея заходятъ на 200 метр. отъ берега и, срѣзая деревья и кустарникъ, двигаютъ передъ собой значительныя массы галекъ, илу, песку и т. п. Когда ледъ растаетъ, сдвинутыя имъ массы образуютъ на побережьѣ валъ, расположенный перпендикулярно къ направленію напора льдинъ. При повтореніи заторовъ на одномъ и томъ же мѣстѣ эти скопленія обломочнаго матеріала растутъ и образуютъ такъ называемыя *кекуры;* кромѣ валуновъ, иногда значительныхъ, песку и галекъ, они заключаютъ въ себѣ стволы деревьевъ и достигаютъ до 10 м. въ высоту. *Коргами* называютъ въ Сибири подобныя же скопленія, но нѣсколько иной формы: это — косы идущія отъ древняго берега къ рѣкѣ и подошвой спускающіяся въ воду.

*) Для русской терминологіи не лишено интереса мѣстное названіе ледниковъ на Алтаѣ, гдѣ ихъ простой народъ зоветъ „ледовиками“

Прим. перев.

на высотѣ 4940 метровъ, т. е. на 700 метровъ ниже, чѣмъ на сѣверной болѣе холодной и сухой сторонѣ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведена высота снѣговой линіи въ различныхъ мѣстахъ (по Ханну).

Названіе мѣстности	Географич. положеніе	Высота снѣговой линіи	Названіе мѣстности	Географич. положеніе	Высота снѣговой линіи
	Сѣвер. шир.	Метры		Сѣвер. шир.	Метры
Шпицбергенъ	77°	400	Гималаи (сѣверная сторона)	27—34°	5670
Исландія	65°	936	Каракорумъ	28—36°	5820
Норвегія	70°	1021 *) / 884 **)	Килиманджаро (центральная Африка)	Южная шир. 3°	5000
Норвегія	60°	1680 *) / 1360 **)	Южно-американскіе Анды:		
Западныя Альпы	45—47°	2700	Экуадоръ	0°	4820
Восточныя Альпы	45—47°	2800	Боливія	16°	4850—5620
Кавказскія горы (восточная сторона)	41—44°	4300	Чили	33°	4500
Кавказскія горы (западная сторона)	41—44°	3570	Патагонія	42°	1830
Гималаи (южная сторона)	27—34°	4940	Магеллановъ проливъ	52°	1100
			Южная Георгія	54°	0

Выше этой линіи каждый годъ выпадаетъ снѣга болѣе, чѣмъ можетъ его растаять, и въ теченіе немногихъ тысячелѣтій здѣсь скопились бы необычайно огромныя массы осадковъ, если бы они не спускались постепенно внизъ. Отчасти снѣгъ соскальзываетъ подъ вліяніемъ собственной тяжести, отчасти сухія, песчанообразныя зерна его сгоняются внизъ вѣтромъ; солнечные лучи и теплые вѣтры производятъ таяніе снѣга на поверхности; образующаяся вода пропитываетъ снѣжный прокровъ и превращаетъ его въ такъ называемый фирновый ледъ или фирнъ, который скопляется въ мульдахъ и на склонахъ и начинаетъ медленно двигаться внизъ. Подъ вліяніемъ возникающаго давленія строеніе фирна измѣняется, — онъ превращается въ сплошной и прозрачный *глетчерный* ледъ, который прорѣзывается множествомъ мельчайшихъ трещинъ и въ большихъ массахъ обладаетъ прекраснымъ голубымъ цвѣтомъ. Такое измѣненіе льда происходитъ постепенно: въ высшихъ областяхъ сплошныя массы его лежатъвъ глубинѣ фирна, далѣе ихъ количество увеличивается, и, наконецъ, весь ледъ становится глетчернымъ.

Не всякая гора, достигающая снѣговой линіи, представляетъ благопріятныя условія для развитія ледниковъ. На нѣкоторыхъ одиноко выступающихъ горахъ, даже на 1000 метр. выше снѣговой линіи, они отсутствуютъ. Причиною этого явленія служитъ характеръ склоновъ такихъ горъ, — именно отсутствіе обширныхъ котловинъ, въ которыхъ скоплялся бы фирновый ледъ, и которыя могли бы образовать область питанія ледника. Наоборотъ, если долины и обширныя мульды поднимаются на нѣсколько тысячъ метровъ выше снѣговой линіи, то весь избытокъ снѣга спускается съ крутыхъ обрывовъ и гребней въ высокорасположенныя котловины долинъ и образуетъ скопленіе фирноваго льда, такъ называемые снѣжники (фирновые бассейны); отсюда-то и течетъ мощный ледяной потокъ, слѣдуя всѣмъ изгибамъ до-

*) Внутри полуострова. **) На берегу

Рис. 326. Ледникъ Алечъ въ Бернскомъ нагорьѣ.

лины. Въ Альпахъ обыкновенно нѣсколько источниковъ питаютъ одинъ глетчеръ; крутые, часто совсѣмъ непроходимые гребни отдѣляютъ различные фирновые бассейны другъ отъ друга. То же наблюдается на Кавказѣ, въ Гималаяхъ, на Новозеландскихъ Альпахъ и въ другихъ складчатыхъ горахъ.

Иной типъ ледниковъ находимъ мы на *Скандинавскихъ* горахъ: волнообразно-холмистые склоны, рѣдко раздѣленные гребнями скалъ, окружаютъ здѣсь плоскія фирновыя котловины; ледъ ихъ стекаетъ не по отдѣльнымъ долинамъ, а во всевозможныхъ направленіяхъ; у краевъ снѣжника массы глетчернаго льда движутся всею массою и, достигая долинъ, обрываются здѣсь или образуютъ круто падающіе небольшіе ледники. Еще болѣе удаляются отъ альпійскаго типа *гренландскіе ледники*: направленіе послѣднихъ только въ слабой степени опредѣляется орографическими условіями; обширныя фирновыя поля питаютъ здѣсь огромные ледники, которые покрываютъ весь островъ и среди которыхъ лишь изрѣдка выступаютъ одинокія вершины.

Въ Альпахъ, о которыхъ мы будемъ подробно говорить ниже, по предложенію Соссюра различаютъ ледники *перваго порядка*, заполняющіе долины, отъ небольшихъ ледниковъ *второго порядка*, которые всею своею массою, такъ сказать, прикрѣплены къ крутому склону и висятъ на немъ. Число послѣднихъ значительно превосходитъ число первыхъ. Въ Альпахъ насчитываютъ 249 ледниковъ перваго порядка и болѣе 900 ледниковъ втораго порядка; среди 229 ледниковъ Этцталя только 20 принадлежатъ къ первой группѣ.

Наиболѣе значительные альпійскіе ледники превышаютъ въ длину 1 нѣмецкую милю; ледникъ Алечъ въ Бернскомъ нагорье (рис. 326) достигаетъ 23 килом., а ледникъ Монблана „Ледяное море“ (Mer de glace) — 12 килом. Гепачскій ледникъ въ группѣ Этцталя немного уступаетъ послѣднему и обладаетъ длиною болѣе, чѣмъ въ 11 килом.; огромны размѣры и Пастерцскаго ледника, на Гроссъ Глокнерѣ достигающаго 10 килом. въ длину. Ширина одного и того же ледника сильно мѣняется: она то увеличивается, то уменьшается, смотря по размѣрамъ долины; въ большинствѣ случаевъ она превосходитъ 1 килом., но величинѣ, которая въ такой сильной степени зависитъ отъ формъ поверхности, нельзя придавать особеннаго значенія; слѣдуетъ, однако, замѣтить, что ширина наиболѣе значительныхъ ледниковъ значительно уступаетъ размѣрамъ фирновыхъ котловинъ. Послѣднія обладаютъ грандіозными размѣрами: наиболѣе значительные снѣжники достигаютъ 5 килом., а нѣкоторые даже 40килом. Въ общемъ льды занимаютъ въ Альпахъ поверхность въ 3,500 кв. килом.

Большая часть значительныхъ и низкоспускающихся ледниковъ принадлежитъ центральному поясу Альпъ. Унтергриндельвальдскій ледникъ спускался въ 1818 г. до 983 метр. надъ уровнемъ моря, а въ 1870 году его конецъ лежалъ на высотѣ 1,080 метр. Но такое положеніе глетчеровъ является исключительнымъ, и въ среднемъ ледники перваго порядка спускаются въ центральныхъ Альпахъ на 1,500 метр. ниже снѣговой линіи. Въ восточныхъ Альпахъ, гдѣ климатъ суше, большинство ледниковъ кончается на высотѣ 1,800—2,300 метр., т.-е. только на 800 метр. ниже границы фирноваго льда.

Гораздо труднѣе привести данныя о толщинѣ или мощности ледниковъ. Лучшимъ способомъ ея опредѣленія могли бы служить глубокія буренія, но требуя слишкомъ много времени и большихъ денежныхъ затратъ, они никогда не могутъ имѣть достаточнаго распространенія. Агассисъ опускалъ бичевку въ трещины Аарскаго

ледника и на глубинѣ 260 метр. не достигъ дна. Въ виду недостатка прямыхъ наблюденій, мощность ледниковъ вычисляли по наклону ихъ ложа; этимъ путемъ найдено, что наиболѣе значительные альпійскіе ледники должны достигать 400—500 метр. Всѣ данныя заставляютъ предположить, что наибольшая мощность ледниковъ стоитъ не ниже 400 метр. На основаніи приведенныхъ цыфръ можно вычислить объемъ глетчернаго льда, который оказывается поразительно громаднымъ. Такъ, напр., Геймъ нашелъ, что Алечскій ледникъ заключаетъ около 10,800 милліоновъ кубическихъ метровъ льда; если послѣдній размѣстить кругомъ земли, то получилось бы кольцо въ 250 кв. метр. въ поперечникѣ.

Впрочемъ, толщина глетчернаго льда въ различныхъ мѣстахъ неодинакова. Кромѣ того, вслѣдствіе таянія нижняго конца, ледникъ становится постепенно менѣе мощнымъ и пріобрѣтаетъ форму клина или языка: верхняя поверхность его болѣе наклонена, чѣмъ нижняя; уголъ, образуемый пересѣченіемъ этихъ поверхностей, не подвергался точнымъ измѣреніямъ, но весьма вѣроятно, что онъ не превышаетъ 3°.

Отъ этого „удѣльнаго уклона" ледника слѣдуетъ отличать „дѣйствительный уклонъ", т. е. уголъ, образованный массами глетчернаго льда съ горизонтальною плоскостью; уголъ этотъ опредѣляется наклономъ ложа и у большихъ глетчеровъ перваго порядка обладаетъ лишь незначительною величиною: въ отдѣльныхъ мѣстахъ ледники спускаются иногда очень круто, но въ общемъ уклонъ достигаетъ едва только 10°. Иное наблюдается у глетчеровъ второго порядка, которые въ нѣкоторыхъ случаяхъ обладаютъ уклономъ въ 50°; трудно даже понять, какъ они могутъ держаться въ такомъ положеніи и почему они не падаютъ внизъ.

Особеннаго вниманія заслуживаетъ *движеніе ледниковъ*, такъ какъ этимъ свойствомъ объясняются всѣ тѣ замѣчательныя явленія, которыя иначе были бы намъ вовсе непонятными. Мы указывали, что глетчеръ представляетъ медленно текущій ледяной потокъ: движеніе его въ восемь и даже десять милліоновъ разъ медленнѣе теченія рѣки, обладающей ложемъ того же наклона и тѣмъ же количествомъ воды. О движеніи ледниковъ люди знали гораздо раньше, чѣмъ этотъ фактъ былъ подтвержденъ научно: „ледники растутъ какъ трава" („die Gletscher wachsen wie das Kraut"), говоритъ старая швейцарская поговорка.

Важнымъ шагомъ въ изслѣдованіи ледниковъ было опредѣленіе пути, проходимаго ими въ извѣстное время. Первыя данныя по этому вопросу мы находимъ у Хуги, который построилъ въ 1827 году каменную хижину на срединной моренѣ Аарскаго глетчера, а въ 1830 году нашелъ, что она передвинулась на 100 метровъ. По свидѣтельству Агассиса въ 1836 г. эта хижина находилась въ 714 метрахъ отъ своего первоначальнаго положенія, а въ 1840 году—не менѣе, чѣмъ въ 1,428 метрахъ; такимъ образомъ ледникъ проходилъ ежегодно около 110 метр.; впрочемъ, какъ видно изъ приведенныхъ цыфръ, движеніе его не было равномѣрнымъ; въ первый промежутокъ времени путь, проходимый имъ въ годъ, достигаетъ лишь 33 метровъ, во второй промежутокъ — 102 метр., и, наконецъ, въ третій — 178 метр. Въ послѣднемъ случаѣ ледникъ перемѣщался на 488 миллиметровъ въ день или приблизительно на 2 сант. въ часъ; скорость эта, однако, принадлежитъ къ числу наиболѣе значительныхъ скоростей альпійскихъ глетчеровъ.

Скорость движенія ледниковъ опредѣлялась неоднократно по перемѣщенію предметовъ, оставленныхъ изслѣдователями въ извѣстныхъ мѣстахъ. Такъ, напр., Соссюръ во время своего знаменитаго путешествія по „Ледяному морю" Швейцаріи въ 1788 году,

оставилъ здѣсь лѣстницу, а въ 1832 году нашелъ ея обломки; оказалось, что ледникъ проходилъ 114 метровъ въ годъ или 321 миллиметр. въ день. Въ 1845 году Жюль Мартинъ встрѣтилъ тѣ же обломки лѣстницы на 370 метровъ ниже, что показываетъ, что за этотъ промежутокъ времени движеніе глетчера значительно замедлилось. Въ 1846 году на концѣ ледника Талефръ былъ найденъ ранецъ одного туриста, потерянный его проводникомъ десять лѣтъ назадъ въ верхнихъ частяхъ глетчера; отсюда была опредѣлена скорость движенія послѣдняго, равная 131 метр. въ годъ или 359 миллим. въ день и $1^1/_2$ сант. въ часъ. Ледникъ приноситъ черезъ десятки лѣтъ трупы несчастныхъ жертвъ, погибшихъ при паденіи въ трещины. Наибольшею извѣстностью пользуется катастрофа, случившаяся на Монбланѣ 20 августа 1820 года. Русскій ученый Гамель и два англійскихъ изслѣдователя совершали въ это время свое восхожденіе на царя европейскихъ горъ въ сопровожденіи многочисленныхъ проводниковъ и носильщиковъ, которымъ были поручены измѣрительные приборы. Недалеко отъ вершины соскользнулъ рыхлый снѣгъ, прикрывавшій ледъ, и низвергнувшая лавина погребла въ своей массѣ трехъ проводниковъ. Спустя 41 годъ, на нижнемъ концѣ ледника Боссона были найдены куски платья погибшихъ, узнанные оставшимися еще въ живыхъ спутниками Гамеля; черезъ годъ ледникъ вынесъ цѣлую руку и другіе остатки несчастныхъ жертвъ.

Найденная лѣстница Соссюра и сумка туриста дали возможность сдѣлать весьма цѣнные выводы о движеніи ледниковъ въ значительные промежутки времени; но наука не могла удовлетвориться этими случайными данными; необходимы были систематическія и продолжительныя наблюденія, которыя и были произведены Агассисомъ, Форбсомъ, Тиндалемъ и цѣлымъ рядомъ другихъ ученыхъ. Кромѣ того, въ самое послѣднее время эти изслѣдованія были повторены и дали очень точные выводы. Методъ, примѣнявшійся при этомъ, весьма простъ; съ какого нибудь опредѣленнаго мѣста у края ледника визируются при помощи точныхъ приборовъ положенные на его поверхности камни или установленные здѣсь столбы (вѣхи); наблюденія повторяются черезъ извѣстные промежутки времени. Обстоятельныя и точныя работы этого рода ведутся на Ронскомъ ледникѣ съ 1874 года, когда онѣ были начаты по иниціативѣ Швейцарскаго альпійскаго клуба. Въ четырехъ различныхъ мѣстахъ на поверхности глетчера были положены ряды камней величиною въ кулакъ, а между ними на разстояніи каждыхъ 20 метровъ — болѣе значительныя глыбы съ выбитыми на нихъ нумерами. Положеніе четырехъ рядовъ камней, отличавшихся своимъ цвѣтомъ, и каждой изъ 156 большихъ глыбъ опредѣлялось ежегодно тригонометрическимъ способомъ. Въ послѣднее время для этой цѣли пользуются фотограммометрическими пріемами.

Подобныя измѣренія показали, что скорость движенія ледниковъ весьма разнообразна, Даже одинъ и тотъ же ледникъ въ разныхъ мѣстахъ и въ разное время движется неравномѣрно. Величина пути, проходимаго глетчеромъ въ годъ, колеблется между нѣсколькими миллиметрами и 300 метр., въ среднемъ же она является 40—100 метр.; отсюда скорость движенія въ сутки достигаетъ 0,1—0,3 и даже 0,4 метра; она приблизительно равна скорости часовой стрѣлки. Найдено, что частица льда, располагающаяся на мѣстѣ сліянія двухъ главныхъ вѣтвей нижнеаарскаго ледника, достигаетъ конца послѣдняго только черезъ 130 лѣтъ: она пройдетъ при этомъ разстояніи въ 8,300 метровъ. Болѣе значительною скоростью отличаются ледники Гималаевъ, и возможнаго предѣла достигаютъ глетчеры Гренландіи. Тамъ, гдѣ у гористыхъ бере-

говъ раскрываются между возвышенностями широкія долины, ледъ быстро стремится къ морю и въ нѣкоторыхъ случаяхъ проходитъ 14—20 метр. въ день, т. е. движется со скоростью улитки. Въ Альпахъ извѣстенъ только одинъ примѣръ такого быстраго движенія: это — Бернскій ледникъ, прошедшій 1 іюня 1845 г. пространство въ 12 метр.: теченіе ледяной массы можно было видѣть здѣсь простымъ глазомъ.

Вслѣдствіе тренія льда о края твердаго ложа его, *движеніе боковыхъ частей глетчера происходитъ болѣе медленно, чѣмъ въ серединѣ.* Поэтому ряды камней или столбы, установленные на его поверхности, черезъ нѣсколько лѣтъ образуютъ

Рис. 327. Одинъ изъ ледниковъ Норвегіи.

дугу, направленную своею выпуклостью внизъ. Огромное различіе скоростей съ боковъ и въ серединѣ было обнаружено на Ронскомъ ледникѣ: камень верхняго ряда, удаленный отъ края на 20 метр., прошелъ въ 6 лѣтъ 55 метр., а камень, лежавшій въ серединѣ, — 623 метра. Всѣ наблюденія показываютъ, что сначала скорость быстро возрастаетъ по направленію отъ краевъ къ серединѣ, а потомъ все медленнѣе и, наконецъ, становится почти постоянной. Треніемъ объясняется также и большая быстрота движенія льда на поверхности, чѣмъ въ глубинѣ, гдѣ онъ соприкасается съ подстилающей его породой.

На различныхъ высотахъ скорость ледника также не одинакова: всего быстрѣе движется онъ ниже линіи выхода изъ обширной фирновой мульды; начиная отсюда, *скорость убываетъ какъ вверхъ, такъ и внизъ.* Только въ такихъ мѣстахъ, гдѣ ложе съуживается, или гдѣ наклонъ его сильно увеличивается, или, наконецъ, гдѣ происходитъ сильный притокъ льда, указанное отношеніе измѣняется или даже ста-

новится обратнымъ. Въ случаѣ уменьшенія наклона и усиливающагося при этомъ давленія вышележащихъ массъ или при выходѣ ледника изъ съуженныхъ частей долины въ болѣе широкія, ледъ начинаетъ распространяться въ стороны: подобно водѣ рѣкъ, онъ приноравливается къ формѣ своего ложа; тамъ, гдѣ послѣднее расширяется, поперечный размѣръ глетчера увеличивается (см. рис. 327), массы льда расходятся въ видѣ вѣера, и скорость движенія ихъ уменьшается; наоборотъ, при съуженіи ложа ледникъ начинаетъ двигаться быстрѣе.

Наконецъ, и времена года не остаются безъ вліянія на движеніе ледниковъ. къ лѣту скорость послѣднихъ увеличивается и къ зимѣ уменьшается; явленіе это слѣдуетъ, повидимому, приписать теплотѣ и главнымъ образомъ водѣ, циркулирующей въ тончайшихъ трещинахъ льда; съ увеличеніемъ количества послѣдней подвижность ледяныхъ массъ должна усиливаться и наоборотъ. Впрочемъ, чѣмъ значительнѣе мощность ледника, тѣмъ менѣе сказывается на немъ вліяніе временъ года.

Хотя движеніе ледниковъ находится въ зависимости отъ цѣлаго ряда внѣшнихъ условій, но оно происходитъ постоянно и подчиняется тѣмъ же законамъ, которые управляютъ движеніемъ рѣкъ. Питаясь льдомъ, непрерывно спускающимся изъ фирновой котловины, глетчеры должны распространяться до тѣхъ поръ, пока не достигнутъ области, гдѣ вся масса льда переходитъ въ воду. Ледники спускаются значительно ниже полосы ржи и плодовыхъ деревьевъ, гдѣ средняя годовая температура стоитъ выше нуля, а потому таяніе льда должно происходить здѣсь весьма усиленно. Однако, было бы ошибочно думать, что оно происходитъ исключительно на нижнемъ концѣ глетчера; послѣдній таетъ на всемъ своемъ протяженіи, и нижнихъ областей достигаетъ далеко не вся та масса льда, которая спускается съ снѣжника. Ледъ переходитъ въ воду не только съ поверхности, но и снизу; слѣдствіемъ внутренняго таянія являются морщины на поверхности ледника.

Таяніе глетчернаго льда происходитъ прежде всего подъ непосредственнымъ вліяніемъ солнечныхъ лучей; оно усиливается дѣйствіемъ дождя и теплотою воздуха, который даже весною и осенью нагрѣтъ болѣе ледника; наконецъ, важнымъ дѣятелемъ являются здѣсь и теплые вѣтры; „ни всемогущій Богъ, ни золотое солнце не одолѣютъ снѣга, если нѣтъ фёна“, гласитъ швейцарская поговорка. Подъ вліяніемъ теплоты, отражающейся отъ стѣнъ ложа, ледникъ таетъ у краевъ сильнѣе; поэтому въ серединѣ его поверхность пріобрѣтаетъ форму свода, а по бокамъ оказывается сдавленной; здѣсь даже нерѣдко наблюдаются глубокія трещины, отдѣляющія ледъ отъ подстилающей его породы. Для опредѣленія быстроты таянія глетчера втыкаютъ на его поверхности столбы и измѣряютъ, насколько выдвигаются они изъ толщи льда, или же опредѣляютъ уменьшеніе глубины буровыхъ скважинъ, которыя тщательно оберегаются отъ доступа къ нимъ воды. Такимъ путемъ найдено, что въ лѣтнее время глетчеръ теряетъ ежедневно 3 сант., и всего въ годъ 3,—3,5 метр. Наконецъ, существуетъ и еще одинъ способъ измѣренія убыли ледника: часть поверхности его покрывается дурными проводниками теплоты и такимъ образомъ защищается отъ дѣйствія солнечныхъ лучей: вслѣдствіе таянія около-лежащихъ массъ прикрытые участки образуютъ выступы, высота которыхъ наглядно свидѣтельствуетъ о величинѣ происшедшей убыли глетчера.

Сама природа указываетъ такой путь изслѣдованія: плоскія глыбы камней, прикрывающія мѣстами ледникъ, поглощаютъ теплоту и препятствуютъ солнцу, дождю и теплому воздуху дѣйствовать на поверхность льда; въ то время какъ окружающія

пространства глетчера быстро таютъ, закрытая камнемъ часть остается почти неприкосновенной и образуетъ мощный ледяной столбъ высотою въ 2—3 метра, рѣже 4 метра и даже иногда—11 метр.; вмѣстѣ съ прикрывающимъ камнемъ столбъ этотъ напоминаетъ своею формою столъ и называется *ледниковымъ столомъ* (см. рис. 328). По прошествіи немногихъ мѣсяцевъ послѣдній достигаетъ значительной высоты, но въ то же время начинаетъ таять съ южной стороны; наконецъ, каменная глыба перетягиваетъ и обрушивается съ своего ледяного пьедестала. Совершенно противуположное дѣйствіе производятъ мелкія тѣла, лежащія на поверхности глетчера: они нагрѣ-

Рис. 328. Ледниковый столъ на Ронскомъ глетчерѣ.

ваются сильнѣе окружающихъ ледяныхъ массъ и, благодаря своему малому объему, тотчасъ-же отдаютъ теплоту подстилающему ихъ льду; таяніе послѣдняго вслѣдствіе этого ускоряется. Частицы земли и песку, вѣтки, листья, насѣкомыя лежатъ здѣсь въ ямкахъ, которыя достигаютъ 1—2 сантим. въ глубину и съ поразительною точностью передаютъ форму находящагося въ нихъ предмета. Эти маленькія котловинки называются „ледниковыми стаканами“. Въ связи съ таяніемъ глетчера стоитъ явленіе, которое заставляетъ горцевъ утверждать, что ледъ не терпитъ внутри себя инородныхъ предметовъ и выбрасываетъ ихъ наружу. Дѣйствительно, нельзя не замѣтить той рѣзкой противуположности, которая существуетъ между чистотою глетчернаго льда и огромными массами обломковъ и щебня, лежащими на его поверхности. Наблюденія и опытъ показываютъ, что предметы, упавшіе въ трещины или опущенные въ ямы, черезъ нѣсколько времени выступаютъ наружу въ болѣе низкихъ частяхъ ледника; поэтому прежде думали, что ледъ и въ самомъ дѣлѣ обладаетъ выталкивающею

силою; однако, всѣ эти явленія просто объясняются таяніемъ ледниковъ съ поверхности.

Вода, образующаяся вслѣдствіе таянія глетчера, отчасти просачивается по мельчайшимъ трещинамъ, отчасти течетъ по поверхности многочисленными ручьями, которые тоже исчезаютъ въ трещинахъ, не достигая конца ледника. Если эти трещины обладаютъ значительными размѣрами, то ручьи низвергаются туда водопадами и размываютъ ихъ вершины; въ случаѣ закрытія трещины въ этомъ мѣстѣ остается широкое углубленіе, называемое *ледниковою мельницею*. Послѣднія движутся вмѣстѣ съ ледникомъ, и если рядомъ образуются новыя ямы, открывающія стокъ водѣ, онѣ мало-по-малу съуживаются давленіемъ вышележащихъ массъ и, наконецъ, совсѣмъ исчезаютъ. Исполиновые котлы, часто встрѣчающіеся въ тѣхъ мѣстностяхъ, котрыя были раньше покрыты льдомъ, ставили въ связь съ ледниковыми мельницами, предполагая, что ручьи, которые ниспадали туда, приводили въ вращательное движеніе лежавшія на днѣ каменныя глыбы. Однако, Бальцеръ оспариваетъ такое объясненіе: онъ указываетъ, что ледниковыя мельницы, передвигаясь внизъ, исключаютъ возможность сверлящаго дѣйствія воды въ одномъ опредѣленномъ мѣстѣ; иное слѣдуетъ сказать о тѣхъ исполиновыхъ котлахъ, которые относятся къ ледниковому періоду и нерѣдко встрѣчаются въ сѣверо-германской равнинѣ; форма поверхности въ мѣстахъ нахожденія этихъ котловинъ не позволяетъ приписать ихъ возникновеніе дѣйствію сильныхъ водопадовъ. Но такъ какъ массы льда, сковывавшаго сѣверную Германію, лежали почти горизонтально и двигались во всякомъ случаѣ очень медленно, то ледниковыя мельницы оставались относительно долго на одномъ мѣстѣ, а потому и могли способствовать образованію исполиновыхъ котловъ.

Вся вода, образующаяся вслѣдствіе таянія льда, собирается на днѣ глетчера и, слѣдуя естественному наклону почвы, стекаетъ однимъ или нѣсколькими ручьями; сюда же присоединяется вода, стекающая со склоновъ долины, и такимъ образомъ получается весьма сложная вѣтвистая система потоковъ, которые пролагаютъ свой путь въ пустотахъ подъ массами глетчернаго льда. Эти пустоты достигаютъ иногда столь значительныхъ размѣровъ, что нѣкоторые ледники на значительномъ протяженіи совсѣмъ не касаются почвы, и опорою образующихся такимъ образомъ ледяныхъ сводовъ служатъ только одинокія, тутъ и тамъ уцѣлѣвшія глыбы. Подъ поверхностью Марселльскаго ледника Шлагинтвейтъ проникъ въ подземную галлерею на протяженіи болѣе, чѣмъ 200 метр.; въ одномъ случаѣ доказано даже существованіе мощнаго канала, который тянется подъ ледникомъ во всю его длину. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ одинъ изъ мѣстныхъ жителей свалился въ трещину Гриндельвальдскаго глетчера; онъ скользилъ въ глубину на протяженіи около 120 метровъ и достигъ дна ледника съ поломанной рукой, но въ полномъ сознаніи. Пытаясь выбраться изъ своей ледяной темницы, онъ направился вверхъ по проходившей здѣсь ледниковой галлереѣ, и у подножія Веттергорна достигъ дневной поверхности.

Выходя изъ-подъ ледяныхъ массъ, ручьи образуютъ нерѣдко огромныя арки въ нѣсколько метровъ высотою, — такъ называемыя *ледниковыя ворота*. Блистая неуловимыми оттѣнками голубого и красноватаго цвѣта, эти ледяныя сооруженія производятъ чарующее впечатлѣніе. Рисунокъ на особомъ листѣ „Ледниковыя ворота Ронскаго глетчера“ представляетъ примѣръ этихъ чудныхъ образованій. Но, къ сожалѣнію, въ теченіе послѣднихъ десятилѣтій, благодаря сильному отступанію ледниковъ, они быстро разрушаются.

Исторія земли. I. Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ЛЕДНИКОВЫЯ ВОРОТА РОНСКАГО ГЛЕТЧЕРА.

(Съ натуры писано Е. Гейномъ.)

Черезъ ледниковыя ворота и трещины внутрь глетчера проникаютъ потоки теплаго воздуха и вмѣстѣ съ водою, которая стекаетъ по склонамъ долины, способствуютъ таянію ледника снизу. Количество воды въ ледниковыхъ ручьяхъ сильно колеблется въ зависимости отъ смѣны временъ года и даже дней и ночей; въ теплые лѣтніе дни они несутъ огромныя массы мутной молочно-бѣлой или сѣрой воды; утромъ количество послѣдней значительно уменьшается и снова возрастаетъ къ полудню; зимой таяніе останавливается, и новаго притока воды не происходитъ. Если же и въ

Рис. 329. Трещины на ледникѣ. (Съ фотографіи.)

холодные дни на концѣ ледника выходятъ ручьи прозрачной воды, то происхожденіе послѣдней слѣдуетъ приписать источникамъ, которые выходятъ на дно ледника.

Вслѣдствіе неровностей и неправильностей ложа, въ движущихся массахъ глетчернаго льда является внутреннее напряженіе, выражающееся образованіемъ трещинъ (см. рис. 329). Появленію послѣднихъ предшествуетъ глухой трескъ или металлическій звукъ, одновременно съ которымъ цѣлость ледяного покрова нарушается, и новая трещина съ большею или меньшею скоростью начинаетъ раздвигаться и распространяться въ обѣ стороны. Трещины, представляющія немало опасности неопытнымъ и неосторожнымъ путешественникамъ, достигаютъ огромныхъ размѣровъ какъ въ глубину, такъ и въ ширину: въ нѣкоторыхъ случаяхъ нельзя достигнуть ихъ дна даже на 200 м. глубины. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ ледникъ встрѣчаетъ выступы скалъ, на его поверхности образуются такъ называемыя *краевыя трещины*, расходящіяся по большей части лучеобразно; если же глетчеръ внезапно выходитъ изъ съуженныхъ

частей ложа въ широкія, то появляются *продольныя трещины*, болѣе или менѣе параллельныя главному направленію ледника. Наконецъ, самыя распространеныя и наиболѣе важныя *поперечныя трещины* возникаютъ, благодаря неровностямъ дна долины: если наклонъ послѣдняго увеличивается, то ледъ движется скорѣе и отдѣляется отъ вышележащихъ массъ трещинами. Чѣмъ рѣзче и внезапнѣе измѣняется уклонъ ложа, тѣмъ болѣе происходитъ разрывовъ въ ледникѣ, и тамъ, гдѣ послѣдній падаетъ съ крутыхъ уступовъ, образуя, какъ бы застывшій водопадъ, наблюдаются огромныя и многочисленныя трещины; онѣ раздробляютъ ледъ на отдѣльныя башни, пирамиды, зубчатыя стѣны, среди которыхъ громоздятся безформенныя глыбы, низвергнувшіяся сверху; едва ли какое описаніе можетъ дать представленіе объ этомъ дикомъ, хаотическомъ скопленіи ледяныхъ массъ.

Можно было бы ожидать, что ниже такихъ обрывовъ весь ледяной потокъ превращается въ безпорядочные кучи обломковъ, но этого на самомъ дѣлѣ не наблюдается: раздробленный ледъ снова соединяется въ сплошной покровъ, срастается въ однородную массу—и на разстояніи нѣсколькихъ сотъ метровъ ниже обрыва нельзя уже видѣть никакихъ слѣдовъ нарушеній, которыя только что испыталъ глетчеръ. Эта способность льда срастаться въ нѣкоторыхъ случаяхъ прямо поразительна: небольшіе ледники иногда совсѣмъ разрываются на мѣстѣ крутыхъ обрывовъ, и массы ихъ съ трескомъ рушатся внизъ; однако, у подножія уступа обломки сплочиваются снова и образуютъ неразрывный ледяной потокъ *).

Любопытное свойство глетчернаго льда, съ которымъ мы сейчасъ познакомились,

---

*) Чрезвычайно любопытны наблюденія И. В. Мушкетова надъ трещинами, валами и рубцами, которые прорѣзывали *„оплывины"*, явившіяся во время знаменитаго Вѣрненскаго землетрясенія; расположеніе ихъ наглядно объясняетъ происхожденіе нѣкоторыхъ особенностей въ строеніи ледниковъ. Эта аналогія въ строеніи грязевыхъ потоковъ (муръ) и ледниковъ замѣчалась уже раньше въ Альпахъ, и на Вѣрненскихъ оплывинахъ она находитъ блестящее подтвержденіе. Въ оплывинахъ также, какъ и въ ледникахъ при переходѣ пороговъ и вообще крутыхъ мѣстъ долины, образуется масса поперечныхъ трещинъ, которыя ниже по большей части закрываются, исчезаютъ, иногда же замѣняются боковыми трещинами; послѣднія развиваются главнымъ образомъ у неправильныхъ скалистыхъ выступовъ на склонахъ долины или на выпуклой сторонѣ ея змѣевидныхъ изгибовъ; съ особенною отчетливостью это явленіе наблюдалось на оплывинѣ лога Джитымъ въ долинѣ Аксая. Трещины, очевидно, перемѣщались вмѣстѣ съ оплывиной и потому мѣстами представляютъ такую же запутанную сѣть, какъ боковыя трещины глетчеровъ: въ съуженіяхъ долины онѣ сокращаются и по выходѣ въ расширеніе снова появляются. Словомъ, какъ въ ледникахъ, такъ и въ оплывинахъ трещины являются слѣдствіемъ движенія.

Обыкновенный *сапожный варъ* можетъ служить для устройства *искусственнаго ледника*. Первый такой ледникъ былъ устроенъ проф. А. А. Иностранцевымъ и находится въ Геологическомъ Кабинетѣ Императорскаго С.-Петербургскаго Университета. Изъ гипса была приготовлена горка, имѣющая на вершинѣ одинъ или нѣсколько цирковъ, отъ которыхъ отходятъ тщательно пронивелированныя долины. Наполнивъ цирки кусочками вара, можно наблюдать, что черезъ нѣсколько дней они слежатся въ плотную массу, которая выступитъ въ формѣ потока по долинамъ. Правда, движеніе идетъ при обыкновенной комнатной температурѣ не скоро, но во всякомъ случаѣ легко замѣтить, что и здѣсь середина движется быстрѣе краевъ, какъ и въ настоящемъ ледникѣ. Это видно по формѣ морщинъ и складокъ, образующихся во многихъ мѣстахъ на поверхности вара: складки образуютъ дуги, выпуклая сторона которыхъ направляется въ сторону движенія ледника; то же явленіе можно наблюдать при помощи прямыхъ линій, проведенныхъ краской поперекъ потока; черезъ нѣкоторое время эти линіи становятся изогнутыми. Искусственный ледникъ наглядно обнаруживаетъ вліяніе склона на движеніе. При переходѣ въ крутыя части долинъ варъ движется нѣкоторое время съ прежнею скоростью и, наоборотъ, вступая въ пологія части, сохраняетъ сначала свою увеличенную скорость. Весьма интересенъ слѣдующій опытъ Томсона: онъ клалъ на дно стакана нѣсколько пробокъ, на нихъ лепешку вара, а на лепешку нѣсколько свинцовыхъ пуль; въ стаканъ наливалась вода, и черезъ нѣсколько времени пули оказывались на днѣ, пробка наверху, а цѣлая лепешка въ серединѣ: варъ пропустилъ черезъ себя пули и пробки, и отверстія снова затянулись.

Прим. перев.

объясняетъ также, почему трещины въ ледникѣ закрываются, какъ только исчезаетъ причина, ихъ вызвавшая. Наконецъ, *способность ледяныхъ массъ смерзаться* или сростаться даетъ ключъ для болѣе или менѣе удовлетворительнаго объясненія явленій, представляемыхъ ледниками; къ сожалѣнію мы въ настоящую минуту еще слишкомъ далеки отъ полнаго пониманія происходящихъ здѣсь процессовъ.

Первоначально предполагали, что въ трещины ледника проникаетъ вода, замерзаетъ здѣсь и, расширяясь, вызываетъ движеніе ледяныхъ массъ. „Теорія расширенія“, однако, не могла быть удержана, такъ какъ она не объясняла поступательнаго движенія ледника, а скорѣе заставляла допустить расплываніе его массъ во всѣ стороны. Послѣ этого были сдѣланы попытки другихъ объясненій, которыя искали причину движенія въ тяжести ледяныхъ массъ; эта теорія, видимо, имѣетъ подъ собою серьезную почву: ледники, какъ мы знаемъ, представляютъ въ своемъ движеніи много сходства съ теченіемъ рѣкъ; однако, нѣкоторыя особенности, именно возстановленіе цѣлости ледника на мѣстѣ прорѣзывавшихъ его трещинъ не можетъ быть объяснено дѣйствіемъ тяжести.

Причина явленія кроется въ *зернистомъ строеніи глетчернаго льда* и въ *способности его смерзаться,* объясненной *Гельмгольцемъ, Томсономъ* и *Тиндалемъ.* Ледъ при замерзаніи расширяется, а потому при повышеніи давленія температура таянія его понижается. Если ледъ, температура котораго 0^0, подвергнуть давленію, то онъ начинаетъ таять; переходъ же въ жидкое состояніе сопровождается поглощеніемъ теплоты, и, вслѣдствіе этого, температура образующейся воды спускается ниже 0^0. Какъ только давленіе прекратится, вода замерзнетъ, и разъединенныя части льда образуютъ одно цѣлое. Такъ называемые „снѣжки“ всего лучше удаются при началѣ оттепели, и этимъ временемъ молодежь спѣшитъ воспользоваться для своихъ игръ. Снѣгъ обладаетъ тогда температурою въ 0^0 и представляетъ наиболѣе благопріятныя условія для смерзанія. При давленіи рукъ онъ начинаетъ таять, а когда давленіе прекращается, образуетъ сплошной шаръ.

Въ глетчерномъ льдѣ въ зависимости отъ его количества и отъ наклона ложа существуетъ въ разныхъ мѣстахъ неодинаковое давленіе, и тамъ, гдѣ оно достигаетъ наибольшей величины, начинается таяніе ледника. Вода, охлажденная ниже 0^0, не остается на мѣстѣ своего образованія, а стекаетъ по мельчайшимъ трещинамъ туда, гдѣ господствуетъ меньшее давленіе; здѣсь она и замерзаетъ. Непрерывно раздробляясь и смерзаясь, ледъ пріобрѣтаетъ высшую степень подвижности. Съ другой стороны, какъ показалъ *А. Геймъ,* послѣдняя значительно усиливается, благодаря зернистому строенію глетчернаго льда: не смотря на кажущуюся однородность, онъ представляетъ какъ бы конгломератъ отдѣльныхъ шариковъ, отдѣленныхъ тончайшими трещинами. Движеніе глетчера, происходящее подъ вліяніемъ тяжести, приводитъ къ раздробленію его массъ; послѣднее должно предпочтительно происходить по направленію уже существующихъ тончайшихъ трещинъ. Зернистое строеніе, облегчая движеніе ледника, въ свою очередь поддерживается имъ. Съ другой стороны, благодаря смерзанію, отдѣльныя зерна не распадаются, а опять образуютъ связное цѣлое. Совмѣстнымъ дѣйствіемъ обоихъ процессовъ или, какъ говорятъ, „пластичностью льда при высокомъ давленіи“ вполнѣ объясняются главнѣйшія явленія, наблюдаемыя въ ледникахъ, — способность ихъ двигаться и въ случаѣ раздробленія снова пріобрѣтать неразрывность; однако, нѣкоторые единичные факты остаются до сихъ поръ необъясненными и требуютъ дальнѣйшихъ наблюденій.

Изслѣдованія надъ жизнью ледниковъ показываютъ, что росту ихъ въ длину препятствуетъ непрерывное таяніе и что нижній конецъ глетчера вообще сохраняетъ неизмѣннымъ свое положеніе. Однако, черезъ болѣе или менѣе значительные промежутки времени происходитъ наступаніе ледниковъ: нижній конецъ ихъ начинаетъ опускаться на 15—20 и даже на 60—70 м. ежегодно; онъ двигаетъ передъ собою свои старыя морены, увлекаетъ густые лѣса, ломаетъ людскія жилища и покрываетъ альпійскіе луга своимъ ледянымъ покровомъ. По прошествіи нѣсколькихъ лѣтъ нижній конецъ ледяного потока начинаетъ таять, и глетчеръ отступаетъ на 1,000, 1,500 и даже 2,000 м., и если бы черезъ нѣкоторый промежутокъ времени не происходило новаго наступанія, то ледникъ долженъ былъ бы исчезнуть.

Одинъ изъ поразительныхъ примѣровъ этого рода явленій представляетъ Фернагтскій ледникъ въ Альпахъ Этцталя. Онъ питается двумя снѣжниками, потоки которыхъ соединяются на высотѣ приблизительно въ 2,700 м. Послѣдній періодъ наступанія относится къ 1840—1848 гг. Въ это время общая поверхность глетчера была на 158 гектаровъ больше, чѣмъ въ 1883 г., и въ 1845 г. конецъ ледника спускался на 2,092 м. ниже, чѣмъ въ 1883 г. При каждомъ новомъ наступаніи ледникъ возрастаетъ на 2 км. въ длину, достигаетъ долины и, загромождая ложе Рофенбаха, превращаетъ его въ озеро. Воды остановленной рѣки прорываютъ задерживающія ихъ массы и, распространяясь въ стороны, свирѣпствуютъ на протяженіи всей долины Этца; весьма вѣроятно, что, только благодаря этимъ страшнымъ опустошеніямъ, сохранились извѣстія о прежнихъ наступаніяхъ *), которыя происходили въ 1599—1601, 1676—1681, 1770—1772, 1820—1822 и 1840—1848 гг.

Колебанія Оберзульцбахскаго ледника немного уступаютъ разсмотрѣннымъ. Къ сожалѣнію, мы не имѣемъ извѣстій о древней исторіи этого глетчера, и только по присутствію старыхъ кедровъ на границѣ послѣдняго наступанія можемъ заключить, что въ теченіе послѣднихъ тысячелѣтій оно было наиболѣе сильнымъ; съ 1850 г. Оберзульцбахскій ледникъ непрерывно отступаетъ, и къ 1882 году онъ укоротился на 400 м.; отношеніе площади, освободившейся отъ льда, къ общей поверхности ледника показано на чертежѣ 330. Въ 1885 г. ледниковыя ворота на концѣ глетчера отступили сравнительно съ ихъ положеніемъ въ 1882 г. на 20 м., лѣвыя ледниковыя ворота—на 90 м., а правая сторона—на 240 м.; въ 1887 г. остроконечный языкъ ледника почти исчезъ; такимъ образомъ въ теченіе двухъ лѣтъ растаяла полоса льда въ 230 м. длиною и 75 м. шириною. Общее уменьшеніе массы ледника, начиная съ 1887 г., достигаетъ 70 милліоновъ куб. м., и освободившаяся отъ ледяного покрова поверхность занимаетъ площадь въ 60,25 гектаровъ.

Для правильной оцѣнки этихъ замѣчательныхъ явленій весьма важно указать здѣсь, что они происходятъ не одиноко, а распространяются на всѣ альпійскіе ледники. Такъ, напр., *съ 1856 г. отступаніе происходитъ въ Альпахъ повсемѣстно*, и если величина его не вездѣ одинакова, то это объясняется вліяніемъ мѣстныхъ условій,—болѣе значительнымъ наклономъ или болѣе сильнымъ развитіемъ моренныхъ накопленій; кромѣ того, нѣкоторыя уклоненія оказываются мнимыми. Такъ, напр., нерѣдко приходится слышать, что Аарскій ледникъ укоротился только на 40 м., въ то время какъ Ронскій ледникъ отступилъ на 900 м.; но этотъ фактъ объясняется

*) О явленіяхъ, связанныхъ съ прорывами ледниковыхъ озеръ, мы уже говорили выше.

чрезвычайно просто: Ронскій ледникъ у своего нижняго конца распространяется на большую площадь и обладаетъ малою толщиною; наоборотъ, Аарскій глетчеръ достигаетъ на концѣ значительной мощности; нѣтъ ничего удивительнаго, что послѣдній сократился въ длину менѣе Ронскаго ледника; весьма возможно, что общая масса льда, потеряннаго каждымъ изъ глетчеровъ, приблизительно одинакова.

Общность и одновременность разсматриваемыхъ явленій заставляетъ думать, что причина ихъ кроется въ измѣненіяхъ климата. Каждое увеличеніе атмосферическихъ осадковъ и паденіе средней годовой температуры повышаетъ питаніе ледниковъ и уменьшаетъ ихъ таяніе. Отсюда слѣдуетъ ожидать, что общему наступанію ледниковъ должно предшествовать болѣе или менѣе продолжительное ухудшеніе климата. Само собою разумѣется, что вліяніе послѣдняго условія не можетъ быть непосредственнымъ, и движеніе ледника въ томъ или иномъ направленіи обнаружится позже измѣненія климатическихъ условій. Что касается періодовъ наступанія въ нынѣшнемъ столѣтіи, то вышеприведенное положеніе можно было провѣрить, такъ какъ мы имѣемъ за это время рядъ метеорологическихъ данныхъ. Оказывается, что періоду наступанія 1820 г. предшествовалъ рядъ холодныхъ и сырыхъ годовъ; съ 1818 до 1835 г. стояла теплая, сухая погода, и ледники въ это время отступаютъ. 1835—1855 гг. ознаменованы дождями и отчасти довольно холодной погодой, что опять отозвалось на состояніи глетчеровъ: въ 1840 г. началось общее наступаніе альпійскихъ ледниковъ; измѣненіе метеорологическихъ условій въ обратномъ направленіи происходило медленно; такой же характеръ носило и отступаніе ледниковъ, и только въ 1860 г. наблюдалось общее и быстрое сокращеніе послѣднихъ. Отсюда видно, что между климатическими колебаніями и размѣрами ледниковъ существуетъ чрезвычайно близкая связь, а потому и нельзя сомнѣваться въ существованіи причинной зависимости между тѣми и другими явленіями.

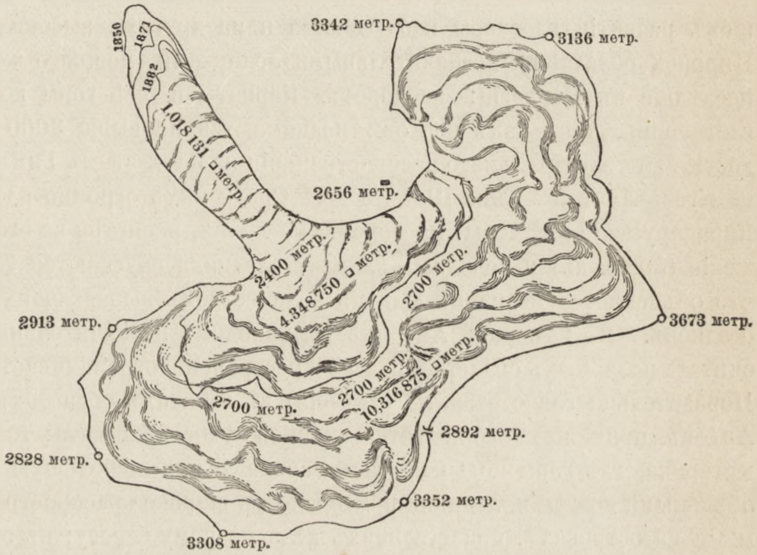


Рис. 330. Карта Оберзульцбахскаго ледника и его фирновой котловины.

Брюкнеръ пытался доказать, что, начиная съ 1700 г., климатическія измѣненія происходятъ приблизительно черезъ каждыя 35 лѣтъ. Въ виду указанной выше связи, для провѣрки этого положенія могутъ служить многочисленныя извѣстія о колебаніи ледниковъ въ минувшіе вѣка. Въ дѣйствительности оказывается, что измѣненія глетчеровъ за послѣднія три столѣтія соотвѣтствуютъ выводамъ *Брюкнера*, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ періоды отступанія и наступанія выражены такъ слабо, что ихъ нетрудно проглядѣть.

Еще многочисленнѣе извѣстія о движеніяхъ ледниковъ въ высшихъ областяхъ Альпъ, гдѣ многія тѣснины сдѣлались непроходимыми и гдѣ ледъ распространился въ лѣса и покрылъ луга; цѣлый рядъ сообщеній указываетъ, что, начиная съ среднихъ вѣковъ, происходитъ общее расширеніе ледниковъ. Хотя нѣкоторыя изъ этихъ извѣстій напоминаютъ распространенныя въ Альпахъ легенды и сказки, но ихъ нельзя цѣликомъ относить къ области вымысла. Обстоятельныя изслѣдованія показали, что нѣкоторыя изъ этихъ явленій могутъ быть объяснены естественными причинами, другія же совсѣмъ лишены вѣроятія. Во всякомъ случаѣ эти гадательныя извѣстія никоимъ образомъ не позволяютъ предположить существованіе вѣковыхъ климатическихъ колебаній.

Мы занимались до сихъ поръ альпійскими ледниками. Въ большемъ или меньшемъ развитіи глетчеры наблюдаются и на другихъ высокихъ горахъ; въ Европѣ Пиренеи обладаютъ незначительными ледниками, мощнаго же развитія достигаютъ послѣдніе въ Норвегіи; наоборотъ, Карпаты и всѣ горы южной Европы лишены глетчеровъ, такъ какъ всѣ онѣ поднимаются не выше 3000 м. Въ Азіи ледники достигаютъ значительнаго распространенія на Кавказѣ, въ Гималаяхъ, на Каракорумѣ, на Куэнь-Лунѣ, въ Тянь-Шанѣ и др. Среди нихъ огромною мощностью выдѣляются Каракорумскіе глетчеры; наоборотъ, на Алтаѣ, несмотря на его географическое положеніе (50° с. ш.) и холодный климатъ, ледники спускаются только съ горы Бѣлухи, что объясняется незначительнымъ количествомъ выпадающихъ здѣсь атмосферныхъ осадковъ. Въ Сѣверной Америкѣ мы находимъ незначительные ледники, и, если не считать полярныхъ областей, ихъ распространеніе ограничивается Каскадными горами. Поразительно слабо развиты глетчеры въ высшихъ областяхъ южно-американскихъ Андовъ, причиной чего является крайняя сухость климата; только на южномъ концѣ материка, гдѣ горы подымаются на сравнительно небольшую высоту, но орошаются обильными дождями, ледники пріобрѣтаютъ широкое распространеніе; то же находимъ мы и на островахъ, прилегающихъ къ западному берегу; въ этой мѣстности, отстоящей отъ экватора на такое же разстояніе, какъ и Берлинъ, мощные глетчеры спускаются къ самому морю. Среди пышныхъ вѣчно-зеленыхъ лѣсовъ Огненной земли текутъ ледяныя рѣки и достигаютъ моря, гдѣ встрѣчаются нѣкоторые тропическіе виды раковинъ. То же представляетъ и южный островъ Новой Зеландіи, отстоящій отъ экватора не болѣе Ломбардской низменности и обладающій среднею годовою температурою Вѣны и даже выше; ледники ползутъ здѣсь среди тропическихъ лѣсовъ съ древовидными папоротниками. Острова Фальклэндскіе и Южная Георгія лежащіе къ востоку отъ Огненной земли приблизительно на 50° южн. широты, на всемъ ихъ протяженіи скованы вѣчнымъ льдомъ.

Въ полярныхъ странахъ также встрѣчаются альпійскіе ледники; но особенно широкаго распространенія достигаютъ здѣсь глетчеры *гренландскаго типа*, которые образуютъ сплошной ледяной покровъ, раскинувшійся на огромныя пространства и называемый *внутреннимъ или материковымъ льдомъ*,—(Binneneis, Inlandeis) или по-гренландски — *„сермерсоокомъ“* (большой ледъ). Изученіе послѣдняго имѣетъ огромное значеніе для пониманія ледниковой эпохи, а потому на этомъ типѣ мы остановимся нѣсколько подробнѣе. Внутренній или материковый ледъ распространенъ главнымъ образомъ у южнаго полюса, на Гренландіи, Шпицбергенѣ, Новой Землѣ и на Землѣ Франца-Іосифа; наоборотъ, обширныя полярныя области Сѣверной Америки и тундры Азіи лишены настоящихъ ледниковъ.

Особенности гренландскихъ льдовъ сдѣлались извѣстными, благодаря скандинавскимъ и датскимъ полярнымъ экспедиціямъ. Материковый ледъ простирается здѣсь отъ одного до другого берега, занимаетъ площадь болѣе, чѣмъ въ 30,000 квадратныхъ миль, и достигаетъ мощности въ 1700—2000 метр.; обладая плоскою, слегка выпуклою поверхностью, онъ сглаживаетъ всѣ неровности почвы. Долгое время думали, что среди острова выступаетъ, быть можетъ, обнаженная отъ льда поверхность земли, но съ тѣхъ поръ, какъ знаменитые Нансенъ и Пири (Peary) прошли весь островъ, первый — въ южной его части, второй — въ сѣверной, стало несомнѣннымъ, что снѣгъ и ледъ покрываетъ всю Гренландію. Высшая точка острова въ его южной

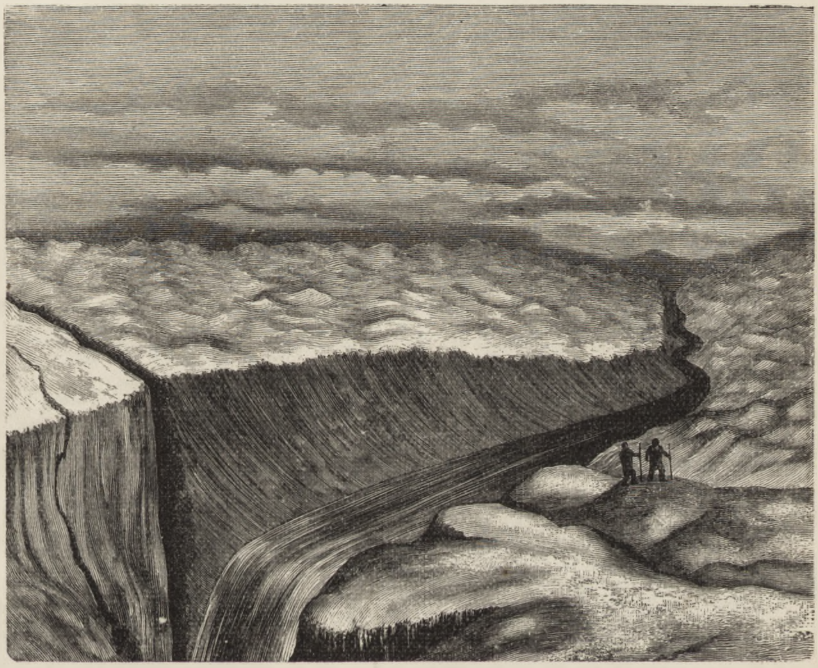


Рис. 331. Гренландскій материковый ледъ. (По Норденшёльду.)

части поднимается на 2718 метр. надъ уровнемъ моря; она удалена отъ края ледяного покрова съ восточной стороны на 180 килом. и съ западной — на 270 килом. Изрѣзанная множествомъ фіордовъ узкая прибрежная полоса свободна отъ льда. Она отдѣляется отъ внутреннихъ частей острова покрытой трещинами ледяною стѣною. Далѣе довольно круто поднимается ледяной покровъ, прорѣзанный множествомъ трещинъ: поверхность его неровна, что въ извѣстной степени зависитъ отъ формъ подстилающей его почвы. Въ этомъ краевомъ поясѣ материковаго льда выдвигаются тутъ и тамъ крутыя скалы, называемыя на языкѣ эскимосовъ „нунатаки"; это единственные выступы земли, погребенной подъ ледянымъ саваномъ. Массы, тѣснимыя сверху, встрѣчаютъ въ этихъ утесахъ препятствіе и надвигаются на ихъ скалистыя стѣны. Только въ случаѣ очень быстраго движенія поверхность льда склоняется къ „нунатаки".

За этими скалистыми выступами горныхъ массъ, мы находимъ пологую, слегка волнистую поверхность „сермерсоока", прерываемую иногда плоскими мульдами. Въ послѣднихъ собирается вода, образующаяся при таяніи льдовъ; она льется шумными

потоками и исчезаетъ въ огромныхъ ледниковыхъ мельницахъ или въ бездонныхъ трещинахъ (см. рис. 331). По свидѣтельству Норденшёльда, въ другихъ мѣстахъ эта вода, перемѣшанная съ воздухомъ, снова выходитъ на поверхность въ видѣ мощныхъ перемежающихся фонтановъ (см. рис. 332). Огромныя трещины, располагающіяся часто параллельно другъ другу, пугаютъ путешественниковъ своею глубиною: прорѣзывая вверху лазурно-голубыя массы льда, онѣ пропадаютъ въ ужасающемъ мракѣ.

Далѣе внутрь острова исчезаютъ нунатаки и трещины; однообразная поверхность

Рис. 332. Перемежающійся фонтанъ на поверхности гренландскаго материковаго льда. (По Норденшёльду.)

материковаго льда даже въ лѣтнее время покрыта здѣсь снѣгомъ, который подъ вліяніемъ собственнаго давленія превращается въ ледъ; это же давленіе, достигающее болѣе, чѣмъ 100 атмосферъ, заставляетъ раздвигаться въ стороны нижележащія массы льда.

Несмотря на громадность давленія, ледъ движется чрезвычайно медленно и вслѣдствіе таянія переднихъ частей не можетъ достигнуть моря. Поэтому-то прибрежная полоса остается свободною отъ льда, не смотря на то, что мощныя скопленія его внутри страны даютъ обильное питаніе глетчерамъ. Хотя мѣстами ледъ доходитъ до берега, но не спускается въ море, и посреди западнаго берега лишенная льдовъ полоса достигаетъ значительной ширины.

Иное наблюдается въ тѣхъ случаяхъ, когда гористый берегъ представляетъ препятствіе свободному движенію льда, и когда послѣдній проталкивается черезъ узкія

ущелья. Здѣсь ледники пріобрѣтаютъ огромную скорость, проходятъ по 20 метровъ въ день и на поверхности покрываются многочисленными трещинами; „быстро втискиваясь въ съуженныя, круто падающія долины, ледъ съ сильнымъ трескомъ раздробляется; отдѣльныя глыбы громоздятся другъ на друга и даютъ начало огромнымъ айсбергамъ, которые сотнями и тысячами спускаются въ море“ (Норденшёльдъ). Горы прибрежной полосы обрамляютъ ледниковые фіорды; „нунатаки“ же ограничиваютъ спускающіеся сюда ледники; каждый изъ послѣднихъ представляетъ извѣстную самостоятельную часть материковаго льда и движется съ тою или иною скоростью въ зависимости отъ своей величины, наклона и формы ложа. Насколько извѣстно, существуетъ лишь 25—30 ледниковъ, спускающихся до самаго моря и дающихъ начало плавающимъ ледянымъ горамъ; о послѣднихъ мы будемъ говорить ниже.

Вода, образующаяся отъ таянія материковаго льда, такъ-же какъ и въ альпійскихъ глетчерахъ, стекаетъ внизъ и выходитъ наружу черезъ большія ледниковыя ворота; ледниковые ручьи несутъ огромныя количества илу и мелкихъ камней, а потому вода ихъ обладаетъ молочно-бѣлымъ цвѣтомъ; это показываетъ, что гренландскіе ледники дѣйствуютъ такъ-же разрушительно на подстилающія ихъ породы, какъ и ледники Альпъ. Различіе между тѣми и другими обнаруживается въ слѣдующемъ: какъ мы узнаемъ ниже, поверхность альпійскихъ ледниковъ обильно усѣяна множествомъ обломковъ; наоборотъ, послѣдніе почти отсутствуютъ на гренландскихъ глетчерахъ: только въ краевой полосѣ ихъ, близъ скалистыхъ „нунатаки“, видны незначительныя скопленія щебня.

Дѣятельность ледниковъ и переносъ ими продуктовъ разрушенія.

До сихъ поръ мы знакомились со свойствами глетчернаго льда, оставляя въ сторонѣ его геологическую дѣятельность, которая выражается разрушеніемъ горныхъ породъ и переносомъ обломковъ. Ледники несутъ огромныя количества продуктовъ разрушенія, начиная съ большихъ валуновъ и кончая тончайшими частицами глины. Кому приходилось видѣть настоящій ледникъ, тотъ не могъ не замѣтить такъ называемыхъ *моренъ,* т.-е. скопленій обломочнаго матеріала, переносимаго ледникомъ и отлагаемаго имъ у своего конца; особенно бросаются въ глаза поверхностныя морены, т.-е. каменные валы на наружной сторонѣ ледника.

О происхожденіи этихъ продуктовъ разрушенія не приходится много говорить: они извергались со склоновъ и крутыхъ обрывовъ горъ и падали въ фирновый бассейнъ, гдѣ и были захвачены движущимся ледникомъ. Такъ какъ поверхности льда достигали и крупные и мелкіе обломки, и такъ какъ ледникъ не проявляетъ сортирующей дѣятельности, которая свойственна текущей и отчасти морской водѣ, то всѣ продукты разрушенія ложатся на его наружной сторонѣ безъ всякаго порядка. Различаютъ нѣсколько видовъ моренъ, смотря по ихъ расположенію; *боковыя морены* (Seitenmoränen) образуютъ длинные валы, расположенные или на самомъ краю ледника или рядомъ съ нимъ на склонахъ долины: онѣ сопровождаютъ глетчеръ на всемъ его протяженіи сверху до-низу. Образованіе боковыхъ моренъ едва ли требуетъ особенныхъ объясненій: это — обломки камней, непосредственно низвергавшіеся со склоновъ. Также просто происхожденіе огромныхъ валовъ на переднемъ концѣ ледника или такъ называемыхъ *конечныхъ моренъ* (Endmoränen, Stirnmoränen). Это — обломки, подхваченные

глетчеромъ во время его пути и скоплявшіеся въ теченіе многихъ лѣтъ на его нижнемъ концѣ, гдѣ происходитъ непрерывное таяніе льда. Этимъ видамъ моренъ противуположны *срединныя морены* (Mittelmoränen oder Gufferlinien), которыя наблюдаются не у всѣхъ ледниковъ, иногда же выступаютъ въ большомъ числѣ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ представляютъ рядъ одинокихъ валуновъ, но часто образуютъ мощные валы, параллельные простиранію ледника. На Горнскомъ ледникѣ у Цернатта въ Валлисѣ существуетъ не менѣе 7—8 рѣзко выраженныхъ срединныхъ моренъ. На Аарскомъ ледникѣ извѣстна огромная морена, раздѣляющая его на двѣ главныхъ части: Лаутерарскій и Финстераарскій ледники; первый изъ этихъ глетчеровъ имѣетъ въ свою очередь 7 небольшихъ срединныхъ моренъ, а второй — 8. Наиболѣе значительныя изъ разсматриваемыхъ моренъ выступаютъ въ видѣ огромныхъ валовъ; такъ, напр., на Аарскомъ ледникѣ срединная морена достигаетъ 42 метровъ въ высоту и 200 метр. въ ширину. Глядя на эти огромныя скопленія камней, неопытный путешественникъ удивляется величію переносной дѣятельности ледника; но ближайшее изслѣдованіе показываетъ, что эти валы почти цѣликомъ состоятъ изо льда и только снаружи прикрываются слоемъ щебня и обломковъ; нѣтъ никакого сомнѣнія, что эти громадные выступы льда представляютъ явленіе, вполнѣ аналогичное такъ называемымъ ледниковымъ столамъ; послѣдніе, какъ мы знаемъ, образуются въ тѣхъ случаяхъ, когда каменная глыба, поглощая теплоту, защищаетъ отъ таянія подстилающій ее ледъ; такое же дѣйствіе производятъ и скопленія щебня: прикрытый ими ледъ таетъ медленнѣе и выступаетъ въ видѣ огромнаго вала.

Чтобы судить о происхожденіи срединныхъ моренъ, необходимо обратиться къ верхнимъ частямъ ледника: эти морены не достигаютъ фирноваго бассейна, а прерываются у скалистыхъ выступовъ на мѣстѣ встрѣчи двухъ ледниковъ; онѣ образуются вслѣдствіе соединенія боковыхъ моренъ обоихъ глетчеровъ, и движутся далѣе по направленію линіи ихъ сліянія (см. рис. 333).

Отсюда видно, что два ледяныхъ потока, сливаясь вмѣстѣ, не смѣшиваютъ несомаго ими матеріала. Подобныя явленія наблюдаются и въ рѣкахъ: если воды ихъ окрашены въ различный цвѣтъ, то на нѣкоторомъ разстояніи послѣ ихъ соединенія можно прослѣдить рѣзкую ихъ границу; но въ сравненіи съ ледниками, которые не смѣшиваютъ своего льда въ теченіе многихъ лѣтъ, это явленіе выражено слишкомъ слабо. Срединныя морены продолжаются даже за тѣми многочисленными трещинами, которыя образуются тамъ, гдѣ ледъ падаетъ съ крутыхъ склоновъ. Въ дикомъ хаосѣ ледяного каскада ихъ, конечно, нельзя прослѣдить, но какъ только глетчеръ принимаетъ свою обычную физіономію, на его поверхности снова выступаютъ многочисленные обломки въ формѣ неразрывныхъ моренъ. Только у нижняго конца ледника отчетливость срединныхъ моренъ теряется: вслѣдствіе распространенія льда въ ширину и усиленнаго его таянія, отдѣльныя глыбы низвергаются съ своихъ ледяныхъ пьедесталовъ и, распредѣляясь въ безпорядкѣ по всей поверхности глетчера, сливаются съ конечною мореною.

Кромѣ этихъ непосредственно наблюдаемыхъ скопленій обломочнаго матеріала, въ ледникѣ существуютъ еще такъ называемыя *поддонныя или основныя морены* (Grundmoräne), рѣзко отличающіяся отъ поверхностныхъ. Существованіе ихъ долгое время не подозрѣвалось вовсе. Впервые *Агассисъ* обратилъ на нихъ вниманіе, а *Мартинъ* ввелъ въ употребленіе ихъ современный терминъ. Въ новѣйшихъ теоріяхъ ледниковъ основныя морены играютъ чрезвычайно важную роль, а потому

мы позволимъ себѣ описать ихъ словами Мартина: „Воспользовавшись многочисленными пустотами, открывающимися на концѣ ледника, нетрудно достигнуть его дна; здѣсь мы находимъ огромныя массы галекъ и мелкаго, пропитаннаго водою, песку. Удаливъ этотъ обломочный матеріалъ, мы увидимъ, что подстилающая его порода сглажена, отполирована и покрыта прямолинейными тонкими царапинами, которыя начертаны будто иглою. Природа пользовалась здѣсь тѣми же пріемами, которые примѣняемъ мы въ техникѣ при отдѣлкѣ металловъ и камней: поверхность послѣднихъ натирается шлифовальнымъ порошкомъ и пріобрѣтаетъ гладкость и блескъ, благодаря отраженію свѣта отъ многочисленныхъ, невидимыхъ глазу царапинъ. Скопленіе галекъ, песку и ила на днѣ ледника представляетъ такой шлифовальный порошокъ, подстилающая ихъ порода замѣняетъ поверхность металла, а ледникъ, двигающій камни и песокъ и давящій на нихъ, является какъ-бы рукой полировальщика. Поэтому-то всѣ штрихи и царапины направлены параллельно движенію ледника; если же они иногда пересѣкаются между собою, образуя острые углы, то причиною этого является незначительное боковое движеніе глетчера.

Рис. 333. Срединныя морены. (По фотографіи.)

„Края ледника не соприкасаются со стѣнами долины: между тѣми и другими остается нѣкоторое свободное пространство. Сюда падаютъ многочисленные обломки горныхъ породъ: одни изъ нихъ остаются какъ бы вмуравленными въ этой трещинѣ, другіе достигаютъ дна и образуютъ основную морену. Къ нимъ присоединяется громадное множество камней, которые падаютъ въ трещины, ледниковые колодцы и стаканы. Всѣ обломки, попадающіе на дно глетчера, подвергаются сильному давленію, раздробля-

ются и размельчаются: они не сохраняютъ размѣровъ, которыми обладали, отдѣляясь отъ скалы. Большая часть ихъ растирается въ мельчайшую муку, которая пропитывается водою и образуетъ нѣжный илъ (ледниковую муку). Нѣкоторые обломки сохраняютъ явные слѣды давленія, которому они были подвергнуты: острые углы ихъ срѣзываются, ребра сглаживаются, — они пріобрѣтаютъ форму округленныхъ галекъ или обладаютъ неравномѣрно развитыми гранями, которыя образовались вслѣдствіе долговременнаго тренія. Если порода обладаетъ незначительною твердостью, какъ известнякъ, то образованныя ею гальки не только закругляются, но покрываются множествомъ царапинъ, пересѣкающихся въ разныхъ направленіяхъ (см. рис. 334). Эти исцарапанныя гальки имѣютъ огромное значеніе въ вопросѣ о распространеніи древнихъ ледниковъ: присутствіе ихъ въ томъ или иномъ мѣстѣ указываетъ на несомнѣнное существованіе ледника, который отполировалъ и покрылъ штрихами эти гальки". Послѣднее заключеніе неправильно: такой же характеръ носятъ гальки, передвигаемыя внезапными ручьями; такое же дѣйствіе производитъ ледъ, образующійся на днѣ рѣкъ и заключающій въ своей массѣ твердые обломки.

Рис. 334. Валунъ изъ поддонной морены, исцарапанный ледникомъ.

Внѣшній видъ моренъ и отношеніе ихъ къ массѣ глетчера бываютъ различны, смотря по тому, находится ли послѣдній въ періодѣ роста, или убыли, или сохраняетъ извѣстное равновѣсіе. У мощныхъ, скоро движущихся ледниковъ боковыя и конечныя морены обладаютъ огромнымъ развитіемъ. Первыя въ нѣкоторыхъ случаяхъ поднимаются въ высоту на 60 м., а конечная морена, гдѣ собирается весь переносимый ледникомъ матеріалъ, достигаетъ даже 100 м. Боковыя морены плотно примыкаютъ къ краямъ глетчера, а конечная морена образуетъ выпуклую впередъ дугу съ прорывомъ въ серединѣ, сквозь который вытекаетъ ледниковый ручей; съ лѣвой и съ правой стороны она незамѣтно переходитъ въ боковыя морены. Если ледникъ вступаетъ въ періодъ равновѣсія, то приносимый ими щебень скопляется у старыхъ моренъ и увеличиваетъ ихъ; если ледникъ отступаетъ, убывая какъ въ длину, такъ и въ толщину, то его прежнія морены остаются на своемъ мѣстѣ; такъ какъ приносимый ледникомъ матеріалъ въ теченіе года не можетъ образовать сколько-нибудь значительный валъ, то щебень конечной морены покрываетъ только то пространство, которое освободилось отъ льда. Такъ, напр., современные ледники Альпъ, отступающіе, по крайней мѣрѣ, уже 30 лѣтъ, не имѣютъ большихъ конечныхъ моренъ; за то ниже окончанія ледника мы находимъ огромныя скопленія нанесеннаго и обломочнаго матеріала, который въ большинствѣ случаевъ позволяетъ весьма просто опредѣлить, насколько укоротился ледникъ въ періодъ послѣдняго отступанія. Точно также боковыя морены убывающаго ледника сохраняются на прежнемъ мѣстѣ, и по высотѣ ихъ надъ поверхностью льда возможно опредѣлить, насколько уменьшилась мощность глетчера.

Если ледникъ начинаетъ наступать, то очень скоро образуется конечная морена значительныхъ размѣровъ: наступающій глетчеръ двигаетъ передъ собою весь обломочный матеріалъ, который онъ отлагалъ во время своей убыли, и древнія конечныя морены, которыхъ онъ успѣлъ достигнуть. Поэтому изслѣдуя морены ледника, можно сдѣлать важныя заключенія о его прошломъ и современномъ состояніи: крайняя конечная морена обозначаетъ ту границу, которой достигалъ ледникъ въ періоды наивысшаго своего развитія; самая же внутренняя изъ конечныхъ моренъ указываетъ, до какой черты распространялся глетчеръ во время послѣдняго наступанія. Если въ данный моментъ ледникъ достигаетъ этой морены, то онъ находится въ состояніи равновѣсія или медленно наступаетъ; наоборотъ, отступающій ледникъ не имѣетъ явственно выраженной конечной морены и переходитъ въ безпорядочныя скопленія щебня, росположенныя между самой внутренней изъ древнихъ моренъ и его концомъ.

На обширныхъ пространствахъ, которыя освободились отъ льда въ теченіе послѣднихъ десятилѣтій, можно прекрасно наблюдать разрушительное дѣйствіе глетчера на подстилающія породы; какъ мы уже указывали, почва въ этихъ мѣстахъ сглажена и покрыта царапинами, которыя идутъ параллельно длинному размѣру ледника; впрочемъ эти штрихи очень часто пересѣкаются другъ съ другомъ, подъ болѣе или менѣе острыми углами; нѣкоторые изслѣдователи выводятъ отсюда, что въ данномъ мѣстѣ проходили въ разное время два ледника; но такое объясненіе нельзя признать удовлетворительнымъ, и причину явленія слѣдуетъ искать въ неправильностяхъ движенія ледника.

Сглаживая всѣ уступы и срѣзая углы ихъ, ледникъ придаетъ скаламъ видъ яйцевидныхъ бугровъ; благодаря своей формѣ, послѣдніе получили названіе *бараньихъ лбовъ* (Rundhöcker, roches moutonnées); цѣлыя же группы такихъ бугровъ Кропоткинъ называетъ „*курчавыми скалами*“. Иногда бараньи лбы обладаютъ совершенной полировкой и обнаруживаютъ слабые и тонкіе штрихи; въ другихъ случаяхъ они сглажены весьма слабо и покрыты глубокими бороздами. Но даже вывѣтрившіяся курчавыя скалы сохраняютъ свою характерную форму: въ нѣкоторыхъ альпійскихъ долинахъ, которыя въ ледниковую эпоху были заняты огромными глетчерами, напр., въ нижней части долины Инна и въ области Мерана въ Тиролѣ или въ Энгадинѣ, по присутствію такихъ бугровъ можно опредѣлить высоту, которой достигали льды. На рис. 335 представлены окрестности С. Морица въ Энгадинѣ; расположенные внизу бараньи лбы рѣзко отличаются отъ угловатыхъ и крутыхъ вершинъ этой мѣстности.

Такимъ образомъ ледники не только покрываютъ подстилающую ихъ породу штрихами и царапинами, но также придаютъ ей извѣстную характерную форму; это заставляетъ признать за ними важную роль въ разрушеніигорныхъ породъ. Глетчерный ледъ уже самъ по себѣ можетъ шлифовать и полировать дно ложа, но какъ мы видѣли выше, обломки скалъ, гравій и песокъ, скопляющіеся въ поддонныхъ моренахъ, усиливаютъ геологическую дѣятельность глетчеровъ, которые, подобно гигантской пилѣ, работаютъ надъ разрушеніемъ подстилающихъ ихъ породъ. Одни изслѣдователи, съ Тиндалемъ и Рамзаемъ во главѣ, приписываютъ ледникамъ чрезвычайно важную роль въ разрушеніи твердыхъ массъ: по ихъ мнѣнію, глетчерный ледъ при участіи поддонныхъ моренъ глубоко выпахиваетъ свое ложе. Наоборотъ, другіе ученые ограничиваютъ дѣятельность глетчеровъ переносомъ щебня, заполнившаго древнія долины, шлифовкою неглубокихъ мульдъ и сглаживаніемъ выступовъ. По послѣднему воззрѣнію ледникъ

только расширяетъ уже существующія долины, по мнѣнію же Тиндаля и Рамзая ему принадлежитъ важная и самостоятельная роль въ измѣненіи рельефа. Если въ днѣ долины образуются мѣстами глубокія впадины, то послѣ отступанія ледниковъ онѣ заполняются водою и образуютъ *озера*. Точно также и глубоко врѣзывающіеся фіорды могли образоваться благодаря выпахивающему дѣйствію ледниковъ. Дѣйствительно, во всѣхъ областяхъ, которыя нѣкогда были покрыты мощными глетчерами, мы находимъ многочисленныя озера; точно также и фіорды сосредоточиваются въ мѣстахъ преж-

Рис. 335. „Курчавыя скалы“ въ окрестностяхъ С. Морица въ Энгадинѣ.

няго оледенѣнія. По мнѣнію тѣхъ изслѣдователей, которые приписываютъ ледникамъ глубокое вліяніе на рельефъ, образованіе озеръ является наиболѣе полнымъ выраженіемъ ихъ дѣятельности. Отсюда вопросъ о происхожденіи озеръ въ областяхъ, которыя были прежде окованы льдомъ, отождествляется съ вопросомъ о размѣрахъ разрушительной дѣятельности глетчеровъ. Къ этимъ вопросамъ мы вернемся еще ниже, теперь же остановимъ наше вниманіе на нѣкоторыхъ явленіяхъ, которыя имѣютъ чрезвычайно важное значеніе для оцѣнки геологическаго дѣйствія ледниковъ.

Предлагались различные пути для установленія правильнаго взгляда на разрушительную дѣятельность глетчеровъ. Съ одной стороны, рѣшающихъ фактовъ искали въ изслѣдованіи тѣхъ частей ледниковаго ложа, которыя мѣстами освобождаются отъ льда; съ другой стороны изучали мощныя отложенія ледниковой эпохи, и, наконецъ, пытались освѣтить вопросъ съ чисто физической точки зрѣнія. По мнѣнію физиковъ, разрушительное дѣйствіе льда должно сильно понижаться, благодаря его пластичности.

Но если даже это предположеніе и справедливо, то его во всякомъ случаѣ слѣдовало бы согласовать съ несомнѣнно доказаннымъ фактомъ, что ледникъ значительно разрушаетъ свое ложе и, главнымъ образомъ, вслѣдствіе частой смѣны оттепели и мороза. Такимъ образомъ физика не даетъ еще опредѣленной точки зрѣнія на вопросъ; съ другой же стороны, и непосредственныя наблюденія допускаютъ различныя объясненія. Неоднократно указывалось, что наступающіе ледники не производятъ существенныхъ измѣненій даже въ мѣстностяхъ, образованныхъ рыхлыми песками и одѣтыхъ травой; но въ данномъ случаѣ рѣчь можетъ идти только о нижнихъ частяхъ глетчера, гдѣ мощность ледяного потока сильно убываетъ и гдѣ присутствуютъ огромныя количества воды, образующейся вслѣдствіе таянія льда; въ высшихъ областяхъ, гдѣ ледникъ обладаетъ большею мощностью и непосредственно примыкаетъ ко дну ложа, разрушительная дѣятельность его должна выражаться сильнѣе. Цѣлый рядъ фактовъ позволяетъ поставить вопросъ иначе: извѣстно немало случаевъ, когда наступающій ледникъ передвигалъ и сокрушалъ встрѣчающіяся ему на пути скопленія рыхлыхъ массъ, морены, луга, лѣса и дома. Выпахиванія и разламыванія горныхъ породъ до сихъ поръ не наблюдалось на современныхъ ледникахъ, а потому послѣднимъ нельзя, повидимому, приписывать глубокаго и рѣшающаго вліянія на рельефъ: въ тѣхъ областяхъ Альпъ, которыя въ теченіе послѣднихъ десятилѣтій освободились отъ ледниковаго покрова, замѣчались только относительно слабые слѣды разрушенія.

Иную картину представляютъ внутренніе льды Гренландіи. Ледники этой мѣстности богаты тончайшими продуктами разрушенія и несутъ мощныя поддонныя морены. Въ виду почти полнаго отсутствія поверхностныхъ моренъ, происхожденіе этого обильнаго обломочнаго матеріала должно быть приписано энергичному разрушенію подстилающихъ породъ. Причина послѣдняго кроется въ огромной мощности материковаго льда, а потому нельзя оспаривать важнаго геологическаго дѣйствія диллювіальныхъ ледниковъ, которые своею громадностью во много разъ превосходили современные.

Въ долинахъ до самаго края горныхъ областей и на далекомъ протяженіи въ сосѣднихъ равнинахъ видны слѣды оледенѣнія диллювіальной эпохи. На склонахъ горъ, въ долинахъ и внутреннихъ водоемахъ, не имѣющихъ никакой связи съ кристаллическимъ поясомъ Альпъ, встрѣчаются огромные обломки кристаллическихъ горныхъ породъ, которые не могли быть занесены сюда водою; они попадаются не только въ долинахъ, далеко отъ мѣста первоначальнаго залеганія, но и на равнинѣ; въ Швейцаріи „эрратическіе камни“ альпійскихъ породъ находятъ въ горахъ Юры на довольно значительныхъ высотахъ. Всякія попытки объяснить ихъ переносъ большими наводненіями и дѣятельностью айсберговъ древняго внутренняго озера должны быть оставлены; эти валуны могли попасть сюда только благодаря ледникамъ. Встрѣчаются также и моренныя отложенія древнихъ глетчеровъ: они представляютъ огромныя скопленія неслоистаго песчано-глинистаго или галечнаго матеріала со включенными въ него валунами и обладаютъ мощностью до 100 метровъ; валуны, находящіеся въ нихъ закруглены, отполированы и покрыты характерными ледниковыми штрихами Эти моренныя отложенія имѣютъ широкое распространеніе въ альпійскихъ долинахъ и смежныхъ равнинахъ. Удаливъ галечныя и песчаныя массы, мы достигаемъ твердой породы, также отполированной и покрытой царапинами. Скопленія моренныхъ отложеній до того громадны, что на обширномъ пространствѣ въ областяхъ, смеж-

ныхъ съ Альпами, прямо опредѣляютъ характеръ мѣстности. Большія конечныя морены образуютъ многочисленные ряды возвышенностей, за которыми располагается живописная, холмистая мѣстность; средняя высота этихъ бугровъ незначительна; они мало отличаются другъ отъ друга своею высотою и располагаются обыкновенно безъ всякаго порядка, — иногда представляютъ длинные дугообразные ряды, иногда выдвигаются въ видѣ одинокихъ коническихъ холмовъ. Въ большихъ впадинахъ располагаются значительныя озера, а въ мелкихъ котловинахъ — озера, богатыя рыбою; послѣднія встрѣчаются весьма часто въ областяхъ моренныхъ отложеній. Нѣкоторые впадины заняты торфяниками и болотистыми лугами. Долины располагаются въ такомъ же безпорядкѣ, какъ и холмы; по однимъ изъ нихъ текутъ ручьи, другія представляютъ прихотливую сѣть сухихъ овраговъ" (*Циттель*). Такой своебразный характеръ моренныхъ областей не можетъ быть приписанъ размывающему дѣйствію проточныхъ водъ; онъ объясняется первоначальнымъ безпорядочнымъ расположеніемъ матеріала, что, какъ мы знаемъ, свойственно вообще моренамъ большихъ ледниковъ.

Сѣверныя части Германіи тоже носятъ явные слѣды оледенѣнія. Глетчеры Скандинавіи заполняли все Балтійское море, покрывали германскую низменность до среднегерманскихъ горъ и простирались отъ Голландіи до подножія галицкихъ Карпатовъ; ледяныя пустыни охватывали также и значительную часть Россіи. Мощныя поддонныя морены отлагали въ равнинѣ принесенный ими матеріалъ и образовали валунныя глины, богатыя горными породами Скандинавіи; сходство ихъ съ подобными же отложеніями Шотландіи, Скандинавіи и съ основными моренами современныхъ ледниковъ является поразительнымъ. Найдены также конечныя морены отступавшаго внутренняго льда. Острова древнѣйшихъ породъ, тутъ и тамъ выступающіе среди равнины, покрыты характерными ледниковыми штрихами. Огромная мощность моренъ и обширность охваченныхъ льдомъ областей свидѣтельствуютъ, что материковые льды диллювіальной эпохи превосходили своею мощностью современный ледниковый покровъ Гренландіи. Количество валуннаго матеріала, занесеннаго съ сѣвера, было такъ громадно, что его отложенія сравняли прежнія неровности почвы и придали всей мѣстности новый характеръ, который почти цѣликомъ является продуктомъ ледниковой эпохи. Полныя глубокаго значенія озера, волнистые холмы, расположенные между болотами и торфяниками и отдѣленные водами спокойныхъ ручьевъ, сыпучіе пески и плодородныя глинистыя почвы, — все это стоитъ въ связи съ ледниковой эпохой.

Обстоятельное изслѣдованіе подобныхъ явленій въ Шотландіи, на Скандинавскомъ полуостровѣ и Сѣверной Америкѣ доставило новые матеріалы для оцѣнки разрушительной дѣятельности ледниковъ. Такъ, напр., было сдѣлано наблюденіе, что поддонныя морены вдавливаются въ трещины подстилающей ихъ породы, разрываютъ ихъ и заполняютъ ихъ своими массами. Далѣе было установлено, что составъ основныхъ моренъ въ извѣстной степени зависитъ отъ характера дна. Такъ, напр., въ сѣверныхъ Альпахъ, гдѣ подстилающая порода является доломитомъ, поддонныя морены несутъ почти исключительно доломитовый щебень, а тамъ, гдѣ дно образовано сланцеватыми глинами, въ моренахъ преобладаютъ глинистыя составныя части и т. д. Такъ какъ на составѣ моренъ отражается характеръ подстилающихъ породъ, то отсюда возможно заключить, что ледникъ пропахиваетъ дно и черпаетъ отсюда матеріалъ для такъ называемыхъ „мѣстныхъ" моренъ. Впрочемъ это явленіе допускаетъ

и другое объясненіе: поддонная морена образуется отчасти изъ тѣхъ обломковъ и щебня, которые ледникъ встрѣчаетъ на своемъ пути, послѣдніе же представляютъ въ большинствѣ случаевъ продукты разрушенія подстилающей ихъ породы. Однако можно указать другія явленія, которыя уже несомнѣнно свидѣтельствуютъ о разрушительномъ дѣйствіи ледника на дно его ложа; мы говорили объ огромной мощности поддонныхъ моренъ Скандинавіи и сѣверной Германіи; возникши въ странахъ, гдѣ изъ-подъ ледяного покрова выступали только немногочисленныя скалы, онѣ не могли черпать этотъ обильный матеріалъ съ поверхности. Такимъ образомъ явленія, относящіяся къ ледниковой эпохѣ, заставляютъ приписать глетчерамъ того времени глубокое разрушительное дѣйствіе на подстилавшія ихъ породы: они показываютъ, что съ увеличеніемъ мощности ледниковъ, усиливается и ихъ геологическая дѣятельность.

Ледники Кавказа и другихъ русскихъ горъ.

(Дополнительная глава.)

Въ Россіи ледники развиты въ большомъ количествѣ и достигаютъ огромной мощности, особенно на Кавказѣ и въ Тянь-Шанѣ; но удаленность ихъ отъ культурныхъ центровъ, къ сожалѣнію, препятствуетъ постановкѣ такихъ же систематическихъ наблюденій, какія ведутся въ Швейцаріи. Однако въ послѣднее время свѣдѣнія о нашихъ ледникахъ значительно расширились и накопленіе новыхъ данныхъ идетъ чрезвычайно быстро; несмотря на это, многое остается неизслѣдованнымъ, и свѣдѣнія въ нѣкоторыхъ случаяхъ до чрезвычайности противорѣчивы и неполны. Наиболѣе изучены ледники Кавказа, съ которыхъ мы и начнемъ нашъ обзоръ.

Огромный Кавказскій хребетъ представляетъ непрерывную цѣпь, простирающуюся отъ Чернаго моря до Каспійскаго, на протяженіи 1420 верстъ. Самая высокая часть его лежитъ между Эльбрусомъ и Казбекомъ, гдѣ нѣтъ ни одного перевала ниже 3000 метр. (9840 ф.). Что касается высоты снѣговой линіи, то она различна въ восточной и западной части хребта, а также на сѣверномъ и южномъ склонахъ его. Причиною этого является неодинаковое количество атмосферныхъ осадковъ. Часть Кавказа, лежащая къ западу отъ Сурамскаго или Грузино-Имеретинскаго хребта, составляющаго водораздѣлъ между бассейнами Ріона и Куры, отличается обиліемъ влаги и богатою, чисто тропическою растительностью, какой нѣтъ нигдѣ въ Европѣ. „Громадные вѣковые стволы дуба, бука, тополя, каштана, орѣха, фиги совершенно завиты здѣсь виноградомъ, хмелемъ, плющемъ и ліанами, которыя своими зелеными пасмами перекидываются съ одного дерева на другое и покрываютъ все, а внизу сочные стволы травянистыхъ растеній путаются между колючими изгородями дерезы и клематисовъ, которые не позволяютъ человѣку проникнуть сюда безъ помощи топора... Каждая заброшенная, даже каменная постройка въ нѣсколько лѣтъ наглухо охватывается вьющимися растеніями, какъ зеленымъ панцыремъ, а виноградная лоза раскидывается по десяткамъ огромнѣйшихъ деревьевъ“ (Тороповъ). Чайное дерево и бамбукъ могутъ расти здѣсь безъ искусственнаго орошенія, какъ въ средней части Китая. Въ Кутаисѣ выпадаетъ въ годъ 179 сант. дождя, въ Даховскомъ посадѣ (Сочи) — 206 сант., въ Поти и Редутъ-Кале — 164 с. и т. д.; по мнѣнію Воейкова, въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, гдѣ не производились наблюденія, общее количество осадковъ можетъ доходить до 300 сант., а въ горахъ Мингреліи и Имеретіи даже до 500 сант. Въ верховьяхъ Ріона зимою снѣгъ засыпаетъ въ нѣкоторыхъ ущельяхъ лѣса до самыхъ верхушекъ деревьевъ. Въ Сванетіи во время зимы мѣстами прекращается всякое сообщеніе, и снѣгъ выпадаетъ иногда въ селеніяхъ слоемъ въ 5 арш. толщиною, при чемъ угрожаетъ раздавить даже прочную постройку.

Совершенно иное находимъ мы по другую сторону Сурамскаго хребта. Такъ, напр., въ Тифлисѣ, выпадаетъ только 49 сант. влаги, въ Баку — 24 сант., въ Александрополѣ — 33 сант. и т. д. Въ большей части долины р. Куры ничто не можетъ расти безъ искусственнаго орошенія. Точно также и въ сѣверномъ Кавказѣ различіе въ количествѣ осадковъ, выпадающихъ въ западной и восточной частяхъ, должно быть довольно значительно.

Склоны Кавказскихъ горъ также получаютъ неодинаковое количество влаги. Главный хребетъ на значительномъ протяженіи тянется вдоль Чернаго моря, при чемъ къ берегу обращенъ его южный склонъ; по этой причинѣ послѣдній получаетъ огромное количество влаги въ видѣ дождя и снѣга, приносимыхъ западными вѣтрами. Сказанное относится главнымъ образомъ къ западной половинѣ хребта; но надо замѣтить, что вся

Кавказская цѣпь горъ тянется не съ востока на западъ, а съ сѣверо-запада на юго-востокъ; поэтому южный склонъ ея, строго говоря, будетъ юго-западнымъ, а западные вѣтры, приносящіе влагу для всей Европы, будутъ первоначально встрѣчать этотъ склонъ и на немъ выдѣлять значительную часть своей влаги.

Совокупностью всѣхъ перечисленныхъ причинъ опредѣляется положеніе снѣговой линіи. По свидѣтельству Стебницкаго, въ западной части южнаго склона (до верховьевъ) Ріона) она лежитъ на высотѣ 9600 фут., въ центральной (до Барбало) — 10000 фут., въ восточной (до Шахъ-дага) — 12,200 фут. На сѣверномъ склонѣ она подымается среднимъ числомъ на 400 метр. или на 1300 фут. выше, чѣмъ на южномъ. На Оштенѣ (въ 40 в. отъ Чернаго моря) она лежитъ не выше 9000 фут. (Абихъ), а на южномъ склонѣ спускается даже до 8899 фут. Наконецъ, въ Маломъ Кавказѣ на Араратѣ она поднимается по Абиху до 13,172 фут., а по Парроту даже до 14,432 (въ среднемъ изъ нѣсколькихъ опредѣленій — 12,466 фут.).

Еще недавно господствовала всеобщая увѣренность, что по количеству ледниковъ и даже по ихъ величинѣ Кавказъ значительно уступаетъ Альпамъ, но новѣйшія данныя заставляютъ признать это мнѣніе ошибочнымъ. Къ сожалѣнію, несмотря на очевидные успѣхи въ дѣлѣ изученія Кавказскихъ ледниковъ, количество ихъ не можетъ быть точно опредѣлено; по приблизительнымъ разсчетамъ общее число ледниковъ 1-го порядка достигаетъ здѣсь 250, а второго порядка — во всякомъ случаѣ не менѣе 1000 (В. Г. Михайловскій). Такимъ образомъ по общему числу ледниковъ Кавказъ равенъ Альпамъ (гдѣ Геймъ насчитываетъ 249 ледниковъ 1-го порядка и 906 — 2-го); по количеству же перворазрядныхъ глетчеровъ онъ уступаетъ только Гималаямъ и Каракоруму. Центральная часть хребта (отъ Эльбруса до Барбало) по обилію ледниковъ и величинѣ поверхности, занятой ими, даже превосходитъ Центральныя Альпы; западный Кавказъ, надо думать, немного уступаетъ западнымъ Альпамъ, а Дагестанъ, какъ кажется, стоитъ гораздо ниже Тирольскихъ Альпъ; въ цѣломъ же, ни числомъ, ни величиною Кавказскіе ледники не уступаютъ Альпійскимъ. Это явленіе вполнѣ понятно: хотя снѣжная линія лежитъ на Кавказѣ выше, чѣмъ въ Альпахъ, но въ виду большей высоты этого хребта вертикальная область его снѣговъ не меньше Альпійской.

Если мы будемъ подвигаться вдоль главнаго Кавказскаго хребта отъ его начала у Чернаго моря, все дальше и дальше къ востоку, то первые ледники, хотя и небольшіе, встрѣтимъ тамъ же, гдѣ начинаются вѣчные снѣга, именно, на сѣверной сторонѣ на склонахъ Оштена (въ верховьяхъ Пшехи и Бѣлой), а на южной значительно дальше, вѣроятно въ верховьяхъ Кодора. У истоковъ Маруха, впадающаго въ Мал. Зеленгутъ (притокъ Кубани) лежитъ первый значительный глетчеръ. Отсюда ледники тянутся непрерывно и въ центральной части достигаютъ наибольшей величины, гдѣ они убываютъ въ своемъ числѣ отъ запада къ востоку. Въ восточной части за переваломъ Военно-Грузинской дороги или Крестовымъ (7957), Кавказскія горы спускаются на 1200 фут. ниже линіи вѣчныхъ снѣговъ, и на протяженіи 125 верстъ здѣсь нѣтъ ни ледниковъ, ни снѣжныхъ полей. Далѣе, между Бегюлемъ и Баба-дагомъ (на пространствѣ 80 верстъ) горы снова повышаются (средн. числомъ до 12,664 ф.) и здѣсь опять появляются незначительные ледники. За Баба-Дагомъ, отстоящимъ отъ Каспійскаго моря всего лишь на 70 верстъ (по прямой линіи) хребетъ постепенно понижается и, наконецъ, сливается съ низменнымъ берегомъ: здѣсь ледники вовсе отсутствуютъ.

Такимъ образомъ главнѣйшіе глетчеры сосредоточиваются въ Центральномъ Кавказѣ между Эльбрусомъ и Казбекомъ, т.-е. въ тѣхъ частяхъ хребта, которыя В. Г. Михайловскій называетъ Сванетскими, Дигорскими и Осетинскими Альпами. Количество ледниковъ, расположенныхъ на сѣверномъ склонѣ, а также и величина ихъ гораздо значительнѣе, чѣмъ на южномъ. Въ среднемъ глетчеры центральной части спускаются въ настоящее время до 2554 метровъ: при этомъ нижняя граница ихъ на сѣверномъ склонѣ понижается до 2674 метр., а на южномъ достигаетъ только 2514 метр. Отдѣльные, наиболѣе значительные ледники переходятъ далеко за этотъ предѣлъ. Такъ, Карагомъ спускается до 1764 метр., Бизинги — до 1993 метр., Девдоракскій — до 2296 метр., Цаннеръ — 2084 метр., и Чалаатъ — 1579 метр.

Познакомившись съ общимъ распредѣленіехъ ледниковъ Кавказа, остановимся на болѣе выдающихся изъ нихъ. Начнемъ съ „двуглаваго колоса“ Эльбруса или Минги-тау. Этотъ „юный пріемышъ Кавказа“ является высочайшею и величественнѣйшею горою всего хребта и стоитъ совершенно изолированно, не смѣшиваясь съ пиками центральнаго гребня. Вулканъ по происхожденію, нѣкогда потрясавшій весь Кавказъ со своимъ меньшимъ братомъ Казбекомъ, онъ въ настоящее время находится въ оцѣпенѣломъ состояніи и стоитъ покрытый большимъ саваномъ вѣчнаго снѣга и льда. Эльбрусъ представляетъ огромный, очень правильный и широкій конусъ, составленный изъ гранитовъ, гнейсовъ и кристаллическихъ сланцевъ. Громадная масса трахитовъ и обширные потоки лавы, разлившейся по долинамъ Баксана и Малки, покрываютъ сверху эти породы. Между двумя вершинами Эльбруса находятся остатки древняго кратера, но, кромѣ того, на склонахъ горы замѣтны еще слѣды многихъ второстепенныхъ конусовъ изверженія, изливавшихъ лаву въ болѣе позднія времена. Пологая, широкая, въ родѣ шатра, форма Эльбруса способствуетъ огромному накопленію снѣговъ на его вершинѣ и склонахъ; такой массы ихъ мы не встрѣчаемъ ни на одной изъ горъ Кавказа. По новѣйшимъ съемкамъ поверхность снѣ-

говъ Эльбруса равняется 200—210 квадр. километр. Но несмотря на такую обширность фирновыхъ полей, многочисленные ледники Эльбруса по своимъ размѣрамъ далеко уступаютъ глетчерамъ Сванетскихъ и Дигорскихъ Альпъ (особенно Бизинги и Дыхъ-су). Всего на Эльбрусѣ 15 ледниковъ 1-го разряда и 62 — 2-го. Самый большой изъ Эльбрусскихъ ледниковъ *Ирикъ* спускается съ восточнаго склона въ долину Баксана и достигаетъ 8 километр. въ длину. По южному склону ползетъ ледникъ *Азау*, когда-то считавшійся самымъ значительнымъ изъ всѣхъ кавказскихъ глетчеровъ; на самомъ дѣлѣ онъ уступаетъ Ирику и обладаетъ длиною только въ $6^1/_2$ килом. Лѣтъ 15 назадъ Азау состоялъ изъ 4 вѣтвей; но въ настоящее время три изъ нихъ не доходятъ до главнаго потока и обратились въ самостоятельные глетчеры. На западномъ склонѣ находится трудно доступный ледникъ *Кугуртлю* (Кюкуртлы), длиною въ 5,1 килом. Верхняя часть этого ледника почти со всѣхъ сторонъ окружена высокими остроконечными разорванными скалами, — вѣроятно, краями древняго кратера Эльбруса. Въ конечной моренѣ его попадаются часто куски сѣры, перемѣшанной съ зернами бѣлаго кварца, кусочками трахита и др. минераловъ; они достигаютъ вѣсомъ до 2-хъ пудовъ; безъ сомнѣнія эта сѣра отлагалась на стѣнкахъ кратера Эльбруса, когда вулканическая дѣятельность его не прекратилась еще совершенно; присутствіе названнаго минерала въ моренахъ ледника сообщило ему и названіе (кугуртъ — сѣра).

Огромнѣйшіе ледники Сванетскихъ Альпъ принадлежатъ бассейну р. Черека. Здѣсь мы находимъ величайшіе изъ глетчеровъ Кавказа — Бизинги и Дыхъ-су. Нѣсколько восточнѣе верховьевъ Чегема отъ главнаго хребта, идущаго здѣсь въ юго-восточномъ направленіи, отдѣляется тотъ страшно высокій отрогъ, на которомъ возвышаются величественные пики Дыхъ-тау и Коштанъ-тау. Этотъ отрогъ тянется почти отъ запада къ востоку. Въ углахъ, образовавшихся отъ пересѣченія его съ главнымъ хребтомъ, и находятся упомянутые выше ледники: на западной сторонѣ располагается Бизинги, а на восточной Дыхъ-Су.

Бизинги или Улу-тау-чиранъ, безъ сомнѣнія, самый замѣчательный и самый огромный изъ всѣхъ ледниковъ Кавказа. По своей длинѣ, равняющейся 17 верстамъ (не считая снѣжныхъ полей), онъ не уступаетъ величайшему изъ глетчеровъ Альпъ, именно Алечскому леднику, по величинѣ же поверхности долженъ быть поставленъ на ряду съ Гернеромъ, Нижнеаарскимъ ледникомъ и „Ледянымъ моремъ“ Швейцаріи; только въ самой нижней части онъ довольно узокъ (250 саж.), выше же ширина его доходитъ до версты и болѣе. „Начинается Бизинги двумя вѣтвями, изъ которыхъ восточная длиннѣе западной; отъ соединенія ихъ по прямому направленію идетъ полоса льда длиною верстъ въ 10 и шириною въ среднемъ болѣе 400 саж. Громадныя боковыя морены его тянутся въ нѣсколько параллельныхъ рядовъ и достигаютъ высоты 15 и даже 20 саженъ. Не менѣе замѣчательна и поверхность глетчера. Въ средней и верхней частяхъ она довольна чиста, — въ особенности середина ея, представляющая огромную, почти совершенно бѣлую продольную выпуклость, образовавшуюся вслѣдствіе бокового давленія на ледъ. Глубокія трещины пересѣкаютъ ее по различнымъ направленіямъ: въ одномъ мѣстѣ онѣ представляютъ такую густую сѣть, что эта часть ледника превращается въ безчисленное множество ледяныхъ столбовъ и пирамидъ, пробраться черезъ которые нѣтъ никакой возможности; многія изъ трещинъ имѣютъ футовъ 15—20 ширины, и, вѣроятно, не менѣе полсотни, а то и цѣлой сотни саженъ въ глубину. Нѣкоторыя ямы и трещины между ледяными выступами наполнены водою и напоминаютъ небольшія озерца. Здѣсь же находятся узкіе, но очень глубокіе колодцы, также наполненные водой, которая кажется окрашенною въ необыкновенно пріятный для глаза голубовато-зеленый цвѣтъ, зависящій отъ цвѣта ледяныхъ стѣнокъ колодца. Безчисленное множество водопадовъ, мельницъ и столовъ украшаютъ поверхность этого громаднаго глетчера. Нѣкоторые изъ столовъ имѣютъ огромную величину; такъ, одинъ изъ нихъ представляетъ гранитную глыбу тысячъ въ пять пудовъ вѣсомъ, покоющуюся на ледяной подставкѣ, сажени въ $1^1/_2$ высотою. Менѣе крупныхъ столовъ здѣсь цѣлыя сотни. Особенно замѣчательны и красивы песчаные бугры. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ глетчера находятся высокіе, саженъ въ 10 или 20, ледяные конусы и пирамиды, покрытые тонкимъ слоемъ сѣраго щебня, черезъ который всюду просвѣчиваетъ прозрачный, голубовато-зеленый ледъ. По поверхности глетчера, течетъ множество ручьевъ съ безчисленными водопадами. Особенно красивы и многоводны они въ жаркій солнечный день.

„Мѣсто, гдѣ лежитъ ледникъ Бизинги, представляетъ глубочайшее ущелье, окруженное почти со всѣхъ сторонъ гигантскими горами, изъ которыхъ четыре поднимаются выше Казбека. По красотѣ и грозному величію на Кавказѣ нѣтъ ущелья, подобнаго этому. Грове и его спутники, исходившіе вдоль и поперекъ всю Швейцарію, говорятъ, что имъ не приходилось видѣть въ Альпахъ ничего, что могло бы сравниться съ этимъ мѣстомъ“ *(Н. Динникъ)*.

Рядомъ съ Бизинги, по другую сторону Дыхъ-Тау, лежитъ громадный ледникъ *Дыхъ-су*, спускающійся нѣсколькими рукавами съ пиковъ Шхарскаго массива и занимающій по своей длинѣ (10,1 килом. безъ фирна) 4-е мѣсто на Кавказѣ. Вотъ какъ описываетъ этотъ ледникъ Н. Динникъ, посѣтившій его лѣтомъ 1887 года:

„Подойдя къ леднику, я прежде всего занялся осмотромъ нижняго конца его. Онъ оказался довольно узкимъ, приблизительно шаговъ около двухсотъ, но поднимался весьма

высокой стѣной, которая, несмотря на свою крутизну, была совершенно завалена щебнемъ. Дыхъ-су вытекаетъ здѣсь изъ-подъ льда двумя главными истоками. Надъ однимъ находится широкій ледяной гротъ, но своды его сильно потрескались и осѣли, такъ что онъ не отличается ни красотою, ни величиною.

„Когда мы, осмотрѣвъ нижній конецъ ледника, стали взбираться по лѣвой боковой моренѣ, то замѣтили, что склоны, окружающіе ледникъ, покрыты сравнительно богатой растительностью. На лѣвой его сторонѣ, обращенной къ югу, растутъ сосны въ нѣсколько саженъ высоты и почти въ обхватъ толщиною, кромѣ нихъ — много различныхъ кустарниковъ и трава, высотою въ поясъ человѣка. Съ правой стороны, обращенной къ сѣверу, растительность, конечно, бѣднѣе, но и здѣсь версты на двѣ вдоль ледника тянется сплошной, густой березовый лѣсъ, который у своей верхней границы окаймляется еще зарослями рододендроновъ.

„Въ то время, когда мы подходили къ нижнему концу глетчера и взбирались на морены его, дождь шелъ не переставая. Пройдя еще версты двѣ съ половиной по лѣвой боковой моренѣ, мы остановились, чтобы приготовить себѣ ночлегъ.

„Съ нашей стоянки открывался прекрасный видъ на весь ледникъ. Жаль только, что туманъ, закрывавшій то ту, то другую часть ущелья, не позволялъ сразу окинуть взоромъ всю окружающую насъ мѣстность. Впрочемъ, по временамъ онъ разсѣивался на болѣе или менѣе обширномъ пространствѣ, и мы могли видѣть значительную часть ледника. Послѣдній представлялъ такой дикій и суровый видъ, какъ немногіе изъ глетчеровъ: всюду на поверхности его торчатъ огромные ледяные бугры, раздѣленные глубокими трещинами; кромѣ того, большая часть поверхности завалена громадными кучами камней, а около боковыхъ моренъ зіяютъ на каждомъ шагу глубокія пропасти. Внизу, какъ уже было сказано, глетчеръ очень узокъ, нѣсколько выше онъ начинаетъ быстро расширяться и въ разстояніи версты отъ нижняго конца своего имѣетъ, вѣроятно, не менѣе трехсотъ саженъ въ ширину; еще дальше вверхъ она, навѣрно, превышаетъ версту. Лѣвая сторона глетчера, начиная отъ нижняго конца и болѣе чѣмъ до половины длины его, такъ сильно завалена грудами щебня и камней, что за ними ледъ почти не виденъ, правая же сторона значительно чище. На половинѣ длины ледника только по срединѣ тянется неширокая полоса чистаго льда, вся же остальная поверхность также покрыта камнемъ и щебнемъ; наконецъ, въ верхней части на всемъ пространствѣ ледникъ болѣе или менѣе чистъ. Тянется глетчеръ Дыхъ-су почти прямо съ востока на западъ, образуя лишь небольшіе изгибы то въ ту, то въ другую сторону. Въ верховьяхъ ледника горы очень высоки; вершины ихъ образуютъ цѣлую систему остроконечныхъ зубчатыхъ скалъ, а склоны — нѣсколько огромныхъ котловинъ или цирковъ, занятыхъ снѣжными полями. По своему суровому виду, по труднодоступности, по дикости окружающихъ горъ, Дыхъ-су подобенъ Адылу, находящемуся вблизи Эльбруса, по красотѣ же значительно уступаетъ ледникамъ Бизинги и Карагому. На немъ нѣтъ ни такихъ красивыхъ столовъ, ни колодцевъ, ни ледяныхъ столбовъ, ни песчаныхъ бугровъ, какъ на упомянутыхъ двухъ ледникахъ.

„Морены ледника Дыхъ-су не особенно велики. Это происходитъ, вѣроятно, главнымъ образомъ оттого, что склоны ущелья, занятаго ледникомъ, такъ круты, что морены на нихъ почти не могутъ удержаться. Особенно трудно уцѣлѣть поперечнымъ моренамъ, такъ какъ онѣ, не встрѣчая никакихъ препятствій, сваливаются со склоновъ ущелья на узкое дно его и тутъ болѣе или менѣе скоро размываются водою. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ глетчеръ непосредственно примыкаетъ къ высокимъ отвѣснымъ скаламъ; здѣсь сбоку него старыхъ моренъ совсѣмъ не существуетъ, а есть только груды камней и щебня на самомъ льду. Въ другихъ мѣстахъ морены достигаютъ саженъ 10 въ высоту и уже успѣли покрыться растительностью“. *(Сокращено.)*

Въ Дигорскихъ Альпахъ, на сѣверномъ склонѣ которыхъ извѣстно до 30 перворазрядныхъ глетчеровъ, обращаютъ на себя вниманіе ледники Агштанъ, Штулу (иначе Кара-су или Гезевцикъ), Цейскій ледникъ и особенно Карагомъ.

Агштанъ начинается въ обширной котловинѣ между горами Шаривцикъ и Фостпаргынъ и по своей величинѣ не принадлежитъ къ числу выдающихся; вся длина его равняется 10,1 километр., при чемъ на долю собственно ледяного потока приходится не болѣе половины этой величины. Агштанъ имѣетъ небольшія морены и чистотою льда превосходитъ, вѣроятно, всѣ кавказскіе глетчеры. На его поверхности нѣтъ почти нигдѣ ни камней, ни щебня, и поэтому видъ на глетчеръ необыкновенно живописенъ. „Высокіе, остроконечные зелено-голубые столбы льда, громоздящіеся на уступѣ скалы, гдѣ оканчивается этотъ ледникъ, имѣютъ столь необыкновенный и оригинальный видъ, что человѣкъ, видавшій мало глетчеровъ, никогда не приметъ ихъ за ледъ“. *(Н. Динникъ.)*

Къ востоку отъ Агштана, въ бассейнѣ Черека, съ горъ главнаго хребта спускаются еще 3 ледника, среди которыхъ самый большой Штулу: длина его безъ фирна 2,8 км., а полная 5,6 км. Нижняя часть его сплошь засыпана грудами камней и щебня; нѣсколько выше выступаетъ пять болѣе или менѣе явственныхъ продольныхъ грядъ, это — морены ледника, — двѣ краевыхъ и три срединныхъ. Присутствіе послѣднихъ указываетъ на то, что глетчеръ образовался изъ четырехъ самостоятельныхъ потоковъ. Очень интересенъ ледяной гротъ, находящійся тамъ, гдѣ изъ-подъ ледника вытекаетъ рѣчка Кара-су. Онъ очень красивъ и такъ великъ, что въ него можно было бы помѣстить порядочный двухъэтажный домъ.

Карагомъ занимаетъ по общей длинѣ (15,5 км.) второе мѣсто среди Кавказскихъ ледниковъ и спускается ниже всѣхъ глетчеровъ сѣвернаго склона. Нижняя часть его на пространствѣ цѣлыхъ верстъ окружена склонами, покрытыми березовыми и сосновыми лѣсами и отстоитъ всего лишь на 5 верстъ отъ жилыхъ мѣстъ (отъ аула Ноакау). Самая нижняя часть глетчера съуживается клинообразно (до 400 метр.) и имѣетъ довольно ровную поверхность; далѣе слѣдуетъ часть, пересѣченная множествомъ поперечныхъ трещинъ, и, наконецъ, цѣлый лабиринтъ пропастей, которыя тянутся до самыхъ вершинъ хребта. На концѣ Карагома находятся также живописныя „ледниковыя ворота“, изъ которыхъ съ оглушительнымъ ревомъ вырывается рѣчка того же имени.

Въ послѣднемъ ущельѣ Дигорскихъ Альпъ находится великолѣпный Цейскій ледникъ, состоящій изъ двухъ кристаллическихъ рѣкъ: одна изъ нихъ спускается съ Адай-Хоха и Чанчахи, другая — съ восточной Чанчахи и Мамисонъ-хоха; длина ледника = 9,6 км. На высотѣ 2511 метр. стѣны долины, въ которой онъ движется, сближаются; ущелье образуетъ здѣсь порогъ, вслѣдствіе чего вся масса глетчера превращается въ хаосъ трещинъ, зубцовъ и пирамидъ. Выше за нимъ и этого мѣста снова тянется довольно ровная часть ледника, потомъ слѣдуетъ второй ледопадъ, и, наконецъ, третій. Далѣе начинаются фирновыя поля, надъ которыми возвышаются дикія скалы, окованныя льдомъ. Еще дальше выступаетъ стройный раздвоенный наверху пикъ Адай-Хоха.

Въ Осетинскихъ Альпахъ обращаютъ вниманіе ледники Казбека. Подобно Эльбрусу и этотъ великанъ Кавказа принадлежитъ къ числу потухшихъ вулкановъ. Трахитовый конусъ его имѣетъ гораздо меньшее основаніе, чѣмъ конусъ Эльбруса, и потому склоны его несравненно круче. По этой причинѣ и поверхность вѣчныхъ снѣговъ и льдовъ здѣсь гораздо меньше: по Абиху она равняется приблизительно $^1/_8$ части снѣжно-ледяной поверхности Эльбруса. Огромныя массы трахитовой лавы, вылившейся изъ этого вулкана, находятся въ большей части идущихъ отъ него ущелій. Изъ 9 болѣе или менѣе значительныхъ перворазрядныхъ глетчеровъ Казбека наибольшею извѣстностью пользуется Девдоракскій ледникъ. Длина его, однако, не велика, — съ фирномъ — 5,7, а безъ фирна — только 3,4 км. Онъ получаетъ начало изъ обширнаго снѣжнаго поля, расположеннаго къ сѣверу отъ вершины Казбека (на высотѣ 12,500 фут.), и составляется здѣсь изъ трехъ рукавовъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга торчащими изъ снѣга грядами скалъ; ниже къ нему присоединяются еще четыре вѣтви, получающія начало на правомъ склонѣ Девдоракскаго ущелья. Морены ледника состоятъ главнымъ образомъ изъ чернаго трахита и темнаго аспиднаго сланца; рѣже попадаются обломки породъ. Поверхность глетчера страшно крута и на пространствѣ послѣднихъ 2-хъ верстъ имѣетъ паденіе въ 800 фут. на 1 версту или почти 25°; въ верхнихъ частяхъ она становится еще круче, достигая 50° и еще большей величины. Оканчивается Девдоракскій ледникъ узкимъ и крутымъ языкомъ въ 5 верстахъ отъ Военно-Грузинской дороги. Вся нижняя поверхность его скрыта подъ грудами камней и щебня, которые постоянно низвергаются внизъ; въ средней и верхней частяхъ глетчеръ представляетъ безчисленное множество пропастей, ямъ, трещинъ и ледопадовъ; здѣсь онъ совершенно недоступенъ. Періодически Девдоракскій ледникъ производитъ завалы Военно-Грузинской дороги, наибольшіе изъ которыхъ случались въ 1776, 1785, 1808, 1817 и 1832 гг. Причина ихъ, по всей вѣроятности, заключается во временномъ увеличеніи размѣровъ глетчера въ длину, ширину и толщину. *(Хатисянъ.)*

Скажемъ теперь вкратцѣ о ледникахъ южнаго склона центральнаго Кавказа. Начнемъ съ Казбека: на южной сторонѣ его находятся 4 ледника, между которыми самый значительный Степанъ Цминда; это въ то-же время и наибольшій глетчеръ Осетинскихъ Альпъ. Наиболѣе значительные ледники южнаго склона находятся въ Сванетскихъ Альпахъ. Выдающееся мѣсто занимаетъ *Цаннеръ*, берущій начало въ огромной котловинѣ между Тетнульдомъ на югѣ и Тихтенгеномъ на сѣверѣ. Онъ состоитъ изъ нѣсколькихъ рукавовъ и оканчивается на высотѣ 2084 метр.; по величинѣ своей поверхности (60—70 кв. км.) онъ занимаетъ на Кавказѣ 1-е мѣсто, а по длинѣ — 5-е. Въ Местійской долинѣ находятся 4 ледника, изъ которыхъ *Лекзыръ* и *Чалаатъ* принадлежатъ къ замѣчательнѣйшимъ: по длинѣ (15,1 км.) Лекзыръ 3-й ледникъ на Кавказѣ; по величинѣ-же поверхностей онъ уступаетъ только Бизинги и Цанперу. Его нижній конецъ лежитъ на высотѣ 1735 метр.; такимъ образомъ Лекзыръ спускается ниже всѣхъ ледниковъ Кавказа, за исключеніемъ Чалаата, который достигаетъ 1579 метр.; общая длина послѣдняго ледника равна $10^1/_2$ км.

Въ Маломъ Кавказѣ ледники находятся на древнихъ вулканахъ Алагезѣ и Араратѣ. Стѣны Алагеза разорваны многочисленными баранкосами, изъ которыхъ одинъ ведетъ въ болѣе или менѣе крутую кальдеру; послѣдняя представляетъ три террасы, расположенныя амфитеатромъ. Вершины Алагеза окружаютъ верхнюю изъ террассъ четырьмя правильными пирамидами; вслѣдствіе своей крутизны онѣ лишены снѣгового покрова, но у подножія ихъ лежатъ огромныя массы снѣга. Отсюда спускаются два короткихъ глетчера, раздѣленные скалистымъ гребнемъ. Малый Araратъ, какъ мы знаемъ, не доходитъ до снѣжной линіи; на вершинѣ-же большого Арарата снѣга занимаютъ область, простирающуюся въ вертикальномъ направленіи почти на 3000 фут. Вслѣдствіе такого значительнаго скопленія снѣговъ въ большей части ущелій Арарата образуются глетчеры. Самый знаменитый изъ нихъ тотъ ледникъ, который спускается съ сѣверо-западной стороны въ долину св. Іакова или Аргури. По Абиху это — единственный перворазрядный ледникъ Армянской возвышенности.

Въ ледниковый періодъ глетчеры Кавказа достигали мощнаго развитія. Поперечныя морены и полированныя скалы въ концѣ Девдоракскаго ущелья, валунныя скопленія въ долинѣ Терека и цѣлый рядъ другихъ данныхъ заставили Абиха предположить существованіе огромнаго ледника, двигавшагося по теперешней Военно-Грузинской дорогѣ; онъ спускался съ Казбека, доходилъ до Редантскаго мыса (7 верстъ отъ Владикавказа) и, свернувъ отсюда къ сѣверо-востоку, направлялся далѣе по Тереку и по долинѣ Камбилеи. Слѣды полировки и валунныя скопленія, найденныя въ другихъ мѣстахъ позволяютъ думать, что древніе ледники Кавказа вообще были весьма велики и заполняли все пространство между Главнымъ хребтомъ и параллельнымъ ему Передовымъ, переползая даже иногда черезъ сѣдловины послѣдняго (Абихъ). Новѣйшія изслѣдованія раскрываютъ все новыя данныя, свидѣтельствующія о грандіозномъ обледенѣніи Кавказа въ диллювіальную эпоху, и по имѣющимся теперь въ нашемъ распоряженіи фактамъ можно думать, что древнѣйшіе кавказскіе ледники спускались до высоты въ 250 метр. надъ уровнемъ моря. Любопытно, что ледниковый періодъ на Кавказѣ совпадаетъ съ усиленною дѣятельностью громадныхъ вулкановъ этой области — Казбека и Эльбруса; послѣднее доказывается, напр., присутствіемъ пемзы, прикрывающей нѣкоторыя старыя морены. Вслѣдствіе борьбы вулканическихъ силъ съ громадными массами льдовъ, сковывавшими тогда Кавказъ, должны были образоваться бурные водяные потоки, способные уносить съ горъ скалы въ десятки и сотни тысячъ пудовъ. Во время этихъ грозныхъ наводненій были занесены огромные трахитовые валуны, находящіеся, напр., около станицы Змѣйской, въ 50 верст. отъ Главнаго хребта. Вообще валуны Кавказа поражаютъ своею величиною и превосходятъ въ этомъ отношеніи альпійскіе; такъ, напр., „Ермоловскій камень", лежащій въ руслѣ Терека при выходѣ его изъ Дарьяльскаго ущелья, достигаетъ 95 фут. въ длину и 55 фут. въ ширину.

Подобно альпійскимъ ледникамъ глетчеры Кавказа періодически возрастаютъ и убываютъ. Такъ, въ 1849 году замѣчалось, по словамъ Абиха, усиленное наступаніе ихъ. Въ это время Баксанскій ледникъ двигалъ передъ собою конечную и боковую морены, покрытыя огромными соснами; онъ спустился такъ низко, какъ не спускался передъ этимъ цѣлыя сотни лѣтъ; доказательствомъ послѣдняго служатъ вѣковыя деревья, сломанныя и увлеченныя массами наступающаго льда. Подобные же признаки возрастанія Абихъ замѣтилъ и на ледникѣ Адылъ, лежащемъ въ нѣсколькихъ верстахъ къ востоку отъ Эльбруса. Послѣ 1849 года ледники Кавказа долго не наблюдались, но въ 60-хъ годахъ Абихомъ былъ отмѣченъ обратный процессъ, т.-е. уменьшеніе ихъ. Цѣлый рядъ данныхъ, собранныхъ разными изслѣдователями показываетъ, что въ послѣднее время кавказскіе глетчеры отступаютъ. Такъ, напр., Н. Динникъ наблюдалъ явные слѣды недавняго уменьшенія на ледникахъ Бизинги, Азау, Хорвесѣ, Дыхъ-су и Кара-су, что доказывается существованіемъ старыхъ моренъ, не успѣвшихъ еще покрыться растительностью; съ этимъ согласуются и показанія мѣстныхъ жителей, сохранившихъ еще воспоминанія о миновавшемъ періодѣ наступанія ледниковъ. Хотя намъ ничего неизвѣстно объ измѣненіяхъ кавказскихъ ледниковъ въ прошедшемъ столѣтіи, но на основаніи имѣющихся данныхъ можно думать, что періоды возрастанія и убыли ихъ совпадаютъ съ тѣми-же періодами въ Альпахъ. Этимъ мы закончимъ наше знакомство съ глетчерами Кавказа и перейдемъ къ краткому обзору другихъ ледниковъ Россіи.

На Алтаѣ высота снѣжной линіи колеблется между 2250 и 2700 метр. (7380 — 8856 фут.); высочайшая же вершина его, г. Бѣлуха, поднимается до 3350 метр. (10988 фут.). На ней находится небольшой ледникъ перваго разряда, имѣющій въ длину около 3 верстъ и въ ширину 400 саженъ. Изъ него вытекаетъ Катунь, составляющая вмѣстѣ съ Біей рѣку Обь.

Горы центральной Азіи гораздо богаче ледниками. На Тянь-шаньской системѣ находятся очень большіе глетчеры. Нѣкоторыя вершины Алай-тага поднимаются на 2000 метр. (6560 фут.) выше снѣжной линіи. Ледники находятся здѣсь въ западной сторонѣ, обращенной къ Памиру; они питаютъ истоки Аму-Дарьи. Въ верховьяхъ Сыръ-Дарьи также извѣстно много глетчеровъ; многочисленныя группы ихъ существуютъ также и на восточной окраинѣ Памира. На Ханъ-Тенгри (Небесный ханъ), высочайшей вершинѣ Тянь-Шаня, поднимающейся, вѣроятно, до высоты 24000 фут. и на расположенномъ рядомъ съ ней Музартѣ находятся многочисленные глетчеры. Въ центральной части Тянь-Шаня, именно на Акъ-Шійрякѣ, извѣстенъ Петровъ ледникъ. Онъ достигаетъ 20 верстъ длины и несетъ 5 срединныхъ моренъ, указывающихъ на его происхожденіе изъ 6-ти незначительныхъ вѣтвей. Онъ питаетъ истоки Сыръ-Дарьи. Здѣсь же располагается значительный ледникъ Ирташъ. Но надо замѣтить, что глетчеры восточной части Тянь-Шаня, по своему числу и размѣрамъ, не соотвѣтствуютъ огромной высотѣ этого хребта. Юго-западная часть Тянь-шаньской системы значительно богаче ледниками. На Алайскомъ хребтѣ находится ледникъ Щуровскаго (ледникъ Исфары). Но самый замѣчательный глетчеръ Тянь-шаньской системы — Зеравшанскій, находящійся въ долинѣ, составленной Гиссарскимъ и Туркестанскимъ хребтами. Своей величиною этотъ ледникъ превосходитъ любой изъ альпійскихъ, имѣетъ въ длину около 30 верстъ и состоитъ изъ главной вѣтви и многихъ боковыхъ. Съ послѣднихъ переходитъ на главное множество срединныхъ моренъ. По Мушкетову число ихъ около 30; не имѣя возможности размѣститься на полутораверстовой ширинѣ ледника, онѣ спутались, покрыли всю поверхность льда и нагромоздили на ней цѣлыя

горы. Зеравшанъ, по выходѣ изо льда, сразу становится могучею рѣкою, которую нельзя переѣхать верхомъ. Она прорываетъ конечную морену, а выше ея, на пространствѣ полуверсты, течетъ, окруженная ледяными берегами. Зеравшанскій ледникъ оканчивается на высотѣ 9000 фут. Вмѣстѣ съ ледникомъ Зардаль онъ образуетъ одинъ переметный ледникъ въ 35 верстъ длины. Самъ Зардаль тянется на протяженіе 6 верстъ и оканчивается на высотѣ 11600 фут. Въ верховьяхъ Сурухъ-аба находится еще ледникъ Федченка.

На Камчаткѣ, подъ 56° с. ш., вѣчные снѣга спускаются до высоты 1600 метр. (5248 ф.) и многочисленные высокіе вулканы ея поднимаются выше снѣжной линіи; но коническая форма и изолированное положеніе ихъ не благопріятны для образованія глетчеровъ. Нѣчто вродѣ ледника существуетъ, впрочемъ, на Ключевой сопкѣ. Ледяной покровъ достигаетъ здѣсь 13 метр. толщины и пронизывается во многихъ мѣстахъ шлаками и пепломъ. Поверхность его гладкая и почти лишена трещинъ. Никакихъ признаковъ движенія, свойственнаго всѣмъ глетчерамъ, на немъ незамѣтно. Такимъ образомъ вопросъ о существованіи настоящихъ глетчеровъ на Камчаткѣ долженъ быть, какъ кажется, рѣшенъ въ отрицательномъ смыслѣ *(Н. Динникъ)*.

Происхожденіе озеръ.

Области, которыя въ диллювіальную эпоху были окованы льдомъ, характеризуются относительнымъ *богатствомъ озеръ*. Само собою разумѣется, что и за предѣлами этихъ областей существуютъ озера, такъ какъ котловины, заполненныя водою, возникаютъ весьма разнообразными путями; такимъ образомъ по распространенію озеръ нельзя судить о распространеніи древнихъ ледниковъ; но всюду, куда заходили диллювіальные глетчеры, существуютъ и озера, хотя происхожденіе нѣкоторыхъ изъ нихъ стоитъ и здѣсь внѣ зависимости съ явленіями оледенѣнія. Чтобы установить правильную точку зрѣнія на занимающій насъ вопросъ, мы должны вообще познакомиться со способами образованія озеръ.

Чрезвычайно просто объясняется происхожденіе внутреннихъ озеръ, которыя лежатъ посреди низменностей, окруженныхъ горами. Здѣсь мы имѣемъ дѣло не съ явленіями размыванія, а съ тектоническими процессами, которые положили отпечатокъ на строеніе всей мѣстности. Аральское озеро, Каспійское море, Байкальское озеро, озеро Тсадъ (Чаадъ) и водоемы центральной Африки допускаютъ только такое объясненіе. Представляли ли они первоначально морскія бухты, которыя, вслѣдствіе тѣхъ или иныхъ причинъ, отдѣлились отъ океана, или съ самаго начала были внутренними озерами, — должно особо рѣшить въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Для уясненія этого вопроса важное значеніе имѣютъ животныя, населяющія то или другое озеро; мы должны опредѣлить, нѣтъ ли среди нихъ такихъ видовъ, которые вообще не живутъ въ прѣсной водѣ и обыкновенно являются обитателями моря. Такъ, напр., въ Каспійскомъ морѣ встрѣчаются тюлени, морскія рыбы и нѣкоторые морскіе моллюски, каковы Cardium edule, Venus gallina и др.; въ Байкальскомъ озерѣ мы находимъ также тюленей и множество ракообразныхъ, среди которыхъ извѣстно не мало морскихъ видовъ; эта „реликтовая фауна“ позволяетъ съ несомнѣнностью заключить, что упомянутыя озера нѣкогда были частью моря, и что населеніе ихъ является остаткомъ первоначальной морской фауны. Такія озера носятъ въ свою очередь названіе „реликтовыхъ“ или „остаточныхъ“.

Морскіе виды встрѣчаются не только въ большихъ внутреннихъ водоемахъ, вродѣ названныхъ выше, но также и въ нѣкоторыхъ мелкихъ озерахъ. Такъ, напр., въ Гардскомъ озерѣ водятся нѣкоторыя морскія рыбы и раки (Blennius, Gobius, Palaemon); такихъ же раковъ находимъ мы въ озерахъ Венеръ и Веттеръ въ Швеціи;

наконецъ, немало подобныхъ же примѣровъ извѣстно въ Россіи, въ Сѣверной, Центральной и Южной Америкѣ, на Гренландіи, на островѣ Борнео и др. Въ тѣхъ случаяхъ, когда значительное число большихъ формъ принадлежитъ къ морскому типу, озера несомнѣнно должны быть признаны реликтовыми, таковы, напр., оз. Веттеръ и Венеръ. Но если мы встрѣчаемъ въ озерѣ одинъ мелкій видъ, живущій обыкновенно въ морѣ, то присутствіе его вѣроятнѣе объяснить какими-нибудь случайными причинами, напримѣръ, переносомъ яичекъ или уже развившихся организмовъ на перьяхъ и на ногахъ водяныхъ птицъ; въ виду этихъ соображеній Женевское озеро, гдѣ извѣстны именно такіе единичные представители морской фауны, врядъ-ли можно считать реликтовымъ.

Тектоническіе процессы, способствующіе образованію озеръ, могутъ быть весьма различны. Чаще всего послѣднія сосредоточиваются въ областяхъ опусканія, въ котлообразныхъ провалахъ и въ сбросовыхъ впадинахъ; вода со всѣхъ сторонъ устремляется въ такія углубленія почвы и вполнѣ или отчасти заполняетъ ихъ. Примѣрами подобныхъ озеръ могутъ служить Мертвое море и восточно-африканскія озера, располагающіяся среди равнинъ, Платтенское оз. (Блатенское или Балатонъ), Гардское оз. и небольшія Лапизинійскія озера въ Венеціанскихъ Альпахъ, лежащія въ области складчатыхъ горъ. Гораздо малочисленнѣе озера, происхожденіе которыхъ стоитъ въ связи съ образованіемъ складокъ; причина эта кроется въ томъ, что въ гористыхъ мѣстностяхъ размывающіе процессы проявляются съ особенною силою, и первоначальныя котловины прорѣзываются рѣками, превращаясь въ ихъ долины. Кромѣ того, углубленія, заполняемыя водою, происходятъ иногда вслѣдствіе обваловъ, вызванныхъ дѣйствіемъ подземныхъ потоковъ; наконецъ, впадины озеръ могутъ образоваться благодаря размыванію.

Гораздо проще происхожденіе такъ называемыхъ „плотинныхъ“ озеръ, которыя образуются вслѣдствіе запрудъ. Сюда относятся мелководныя прибрежныя озера съ слабо соленою водою, отрѣзанныя отъ моря, дюнами или наносами рѣкъ; таковы, напр., гафы Балтійскаго моря, лиманы Чернаго моря, озера среди дельтовыхъ отложеній рѣкъ и многія другія аналогичныя образованія; происхожденіе ихъ настолько ясно, что мы можемъ вовсе не останавливаться на разъясненіи этого вопроса. Въ близкомъ родствѣ съ разсмотрѣннымъ типомъ озеръ стоятъ глубокіе водоемы сѣвернаго полушарія, также расположенные вблизи береговъ моря и образовавшіеся вслѣдствіе запруды фіордовъ, т.-е. тѣхъ своеобразныхъ бухтъ, которыя мы встрѣчаемъ въ Швеціи и Норвегіи. Въ горныхъ странахъ рѣки, загроможденныя обвалами, коническими осыпями и льдинами, превращаются иногда въ озера. Мы разсмотримъ здѣсь одинъ точно изслѣдованный примѣръ этого рода изъ области Карпатскихъ горъ. Въ восточной части Седмиградія, въ одномъ изъ дикихъ уголковъ горъ, расположенныхъ на границѣ Молдавіи, лежитъ въ угрюмой котловинѣ небольшое озеро Фёрёсто; оно окружено холмами, одѣтыми дѣвственнымъ лѣсомъ и одиноко выступающими скалами. Уже при первомъ взглядѣ на это озеро чувствуешь, что здѣсь происходило что-то необыкновенное: изъ темно-зеленыхъ водъ его подобно гигантскимъ тростникамъ выдвигаются сѣрые засохшіе стволы огромныхъ сосенъ (сообщеніе относится къ 1889 году). Озеро располагается на томъ мѣстѣ, гдѣ еще недавно красовались густые лѣса. Оно образовалось вслѣдствіе обвала, который 40 лѣтъ назадъ низвергся въ долину и запрудилъ ее своими массами.

Въ Альпахъ извѣстный примѣръ представляетъ Антхольцское озеро, образовав-

шееся вслѣдствіе загроможденія долины коническими наносами муръ. Главная долина можетъ быть загорожена наносами боковой долины и наоборотъ. Примѣромъ послѣдняго рода является упоминавшееся выше Ахенское озеро въ сѣверномъ Тиролѣ, отгороженное мощными наносами Инна и изливающее свои воды на сѣверъ къ Изару. Наконецъ, долины могутъ быть загромождены ледниками и ихъ моренами; въ такомъ случаѣ образуются такъ называемыя ледниковыя озера: примѣромъ можетъ служить Фернагтское озеро, съ исторіей котораго мы познакомились уже выше.

Весьма легко объясняется образованіе и такъ называемыхъ *„кратерныхъ озеръ"*, которыя произошли вслѣдствіе заполненія водою кольцеобразныхъ углубленій потухшихъ вулкановъ. Примѣры такихъ образованій весьма многочисленны. Кратеры Эйфеля (маары), начиная съ Лахерскаго озера и кончая чрезвычайно мелкими кольцевыми углубленіями, представляютъ въ настоящее время многочисленные водоемы. Сюда же относятся многія изъ живописныхъ озеръ Италіи въ Тосканѣ, Альбанскихъ горахъ и въ окрестностяхъ Неаполя.

Обращаясь къ озерамъ древнихъ ледниковыхъ областей, мы должны прежде всего остановиться на Альпахъ, такъ какъ найдемъ здѣсь немало хорошо изученныхъ примѣровъ. Вокругъ Альпъ на границѣ распространенія диллювіальныхъ ледниковъ располагается цѣлый поясъ большихъ озеръ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ глетчеры заходили въ смежныя страны и покрывали ихъ на значительномъ протяженіи, озера лежатъ внѣ горной области. Наоборотъ, въ мѣстахъ болѣе слабаго развитія ледниковъ мы находимъ ихъ или на самой границѣ горъ (озера на южномъ склонѣ Альпъ), или внутри горной цѣпи, но близко къ ихъ краю (озера Зальцкаммергута), или, наконецъ, въ самой серединѣ горной области (озера Каринтіи). Наконецъ, извѣстно не одно ложе древнихъ ледниковъ, гдѣ вовсе не существуетъ озеръ; таковы, напр., долины Леха, Инна, Зальцаха, Штейра, Эннса и Мура; отсутствіе здѣсь озеръ можно приписать загроможденію впадинъ валунными образованіями.

Нельзя не удивляться громадному дѣйствію ледниковъ, которые, выйдя изъ горъ и потерявъ значительную долю своей мощности, могли образовать впадины „краевыхъ" озеръ. Но этому, на первый взглядъ поразительному факту, можно дать очень простое объясненіе. Выходя изъ круто наклоненныхъ боковыхъ долинъ въ равнину или въ болѣе пологія и широкія главныя долины, ледники внезапно изгибаются; въ виду своей малой подвижности, они обнаруживаютъ стремленіе удержать прежнее направленіе и, сильно надавливая на дно, усиленно разрушаютъ и выпахиваютъ его. Такое объясненіе подтверждается еще слѣдующимъ наблюденіемъ: въ тѣхъ мѣстахъ Альпъ, куда спускались ледники съ значительнымъ наклономъ ложа, именно въ Ломбардской низменности мы находимъ и самыя глубокія озера, достигающія 300—400 метр. У устьевъ большихъ долинъ Швейцаріи озера обладаютъ глубиною въ 200—330 метр., а у устьевъ баварскихъ и австрійскихъ долинъ — только 100—200 метр. Эти цифры могутъ на первый взглядъ показаться слишкомъ большими, но въ сравненіи съ длиною озеръ онѣ вовсе не такъ значительны; такъ, напр., глубина Комскаго озера составляетъ $^1/_{130}$, Штарнбергскаго озера — $^1/_{180}$, Женевскаго озера — $^1/_{230}$ ихъ длины; такимъ образомъ впадины краевыхъ озеръ представляютъ довольно плоскія мульды.

Извѣстныя геологическія данныя также заставляютъ приписать происхожденіе краевыхъ озеръ выпахивающему дѣйствію ледниковъ. Таковы, напримѣръ, наблюденія Пенка, произведенныя у Штарнбергскаго озера къ югу отъ Мюнхена Это озеро ле-

житъ внѣ горнаго хребта въ верхне-баварской возвышенной равнинѣ; подъ моренами древняго Изарскаго ледника, въ области котораго оно находится, залегаетъ слой твердыхъ конгломератовъ, вообще распространенныхъ въ равнинѣ и носящихъ названіе „нагельфлю". У Штарнбергскаго озера подъ этой породой располагаются новѣйшія третичныя образованія, не обнаруживающія никакихъ нарушеній въ ихъ наслоеніи, и пласты нагельфлю слабо и постепенно падаютъ къ сѣверу. Озеро заполнило впадину, выпаханную въ этой породѣ; холмы, замыкающіе котловину съ сѣвера и прорѣзанные ложемъ Вюрма, состоятъ изъ третичныхъ образованій. Нагельфлю представляетъ связный покровъ не только у сѣвернаго конца озера, но выступаетъ также на восточномъ и западномъ его берегу; отсюда можно заключить, что эта порода прикрывала нѣкогда всю мѣстность, занятую озеромъ или, по крайней мѣрѣ, сѣверною его половиною; слѣдовательно, котловина была выпахана вполнѣ или отчасти только послѣ отложенія нагельфлю. Такъ какъ послѣдній образовался въ началѣ ледниковой эпохи, то возникновеніе озера должно быть отнесено къ болѣе позднему времени. На основаніи извѣстныхъ данныхъ, которыхъ мы не станемъ здѣсь приводить, думаютъ, что котловина существовала здѣсь гораздо раньше, но была загромождена щебнемъ; въ серединѣ или въ концѣ ледниковой эпохи послѣдній былъ снова выпаханъ.

Что касается Аммерскаго и Химскаго краевыхъ озеръ, а также Тегернскаго озера, то къ нимъ вполнѣ примѣнимо сказанное о Штарнбергскомъ озерѣ. Наоборотъ, нельзя указать большого глетчера, который бы выпахалъ озеро Шлиръ, расположенное къ востоку отъ Тегернскаго и представляющее съ нимъ много сходства. Величина области, питающей это озеро, весьма незначительна, и если бы льды, спускавшіеся со склоновъ Ягеркамма, Брехершпица и со склоновъ, поднимающихся къ озеру Шпитцингъ, могли бы перейти низкій водораздѣлъ Аурахской долины, то и въ этомъ случаѣ получился бы чрезвычайно небольшой ледникъ, не болѣе 100 м. мощностью. Приписать ему выпахиваніе Шлирской впадины невозможно. Такимъ образомъ ледниковый характеръ краевыхъ озеръ можетъ быть доказанъ только въ извѣстной степени, и если въ пользу ихъ выпахиванія глетчерами говорятъ факты, наблюдаемые въ Штарнбергскомъ озерѣ, то, съ другой стороны, примѣнить эту гипотезу къ озеру Шлиръ представляется затруднительнымъ. Ниже мы увидимъ, что и нѣкоторыя другія краевыя озера не позволяютъ приписать имъ такое происхожденіе. Мы не будемъ здѣсь долѣе останавливаться на этомъ вопросѣ и перейдемъ къ разсмотрѣнію озеръ, встрѣчающихся внутри горныхъ цѣпей.

Слѣдовало бы ожидать появленія озеръ и во внутреннихъ частяхъ главныхъ долинъ, гдѣ ледники также могли производить выпахиваніе. На самомъ же дѣлѣ мы здѣсь вовсе не находимъ ихъ или находимъ очень рѣдко, и только въ самыхъ верхнихъ частяхъ долинъ опять встрѣчаемъ небольшіе водоемы, такъ называемыя „вершинныя озера". (Hochseen). Впрочемъ, такое противорѣчіе съ теоріей существуетъ только при первомъ взглядѣ. Озера существовали на всемъ протяженіи долинъ, но были уничтожены дѣятельностью рѣкъ, которыя заполнили ихъ иломъ и валунными отложеніями, на нижнемъ же концѣ прорыли ложе, открывшее водѣ стокъ. На мѣстѣ прежнихъ озеръ во многихъ альпійскихъ долинахъ находятъ или совершенно высохшія котловины, или торфяники; для уясненія ихъ прошлаго громадный интересъ представляютъ нѣкоторыя долины Норвегіи, гдѣ мы находимъ, вмѣсто рѣкъ, множество озеръ, соединяющихся посредствомъ короткихъ порожистыхъ ручьевъ

или водопадовъ. Насколько быстро идетъ процессъ уничтоженія древнихъ озеръ, показываетъ слѣдующій фактъ, невольно бросающійся въ глаза при сопоставленіи старыхъ картъ съ новыми: только въ области Тирольскихъ Альпъ въ теченіе послѣдняго столѣтія совершенно исчезло 118 озеръ, и многія значительно уменьшились.

Исчезновеніе „долинныхъ" озеръ (Thalseen) объясняется чрезвычайно просто: краевыя озера въ виду ихъ значительной величины не могли быть заполнены въ тотъ короткій промежутокъ времени, который прошелъ со времени отступанія диллювіальныхъ ледниковъ; точно также вода не могла уничтожить и вершинныхъ озеръ; нижнія части ледниковаго ложа освобождаются отъ льда прежде верхнихъ, а потому и озера, лежащія въ нижнихъ частяхъ долины, должны исчезнуть раньше вершинныхъ озеръ. Послѣднія встрѣчаются всего чаще или въ непосредственной близости съ глетчеромъ, или же въ верхнихъ окончаніяхъ долинъ у подножія гребня, какъ это мы и видимъ въ Татрахъ. Въ областяхъ, которыя никогда не были окованы льдомъ, почти совсѣмъ не существуетъ вершинныхъ озеръ; но связь послѣднихъ съ ледниками нигдѣ не выступаетъ съ такою очевидностью, какъ въ Татрахъ: въ долинахъ, имѣющихъ хотя бы самыя незначительныя озера, всегда присутствуютъ ледниковыя морены; наоборотъ, тамъ, гдѣ нѣтъ озеръ, не видно также ни малѣйшихъ слѣдовъ моренъ.

Въ долинахъ, которыя были нѣкогда покрыты ледниками, мы находимъ оригинальныя образованія, которыя называются въ Пиренеяхъ *цирками* (Circusthäler), въ Швеціи — *ботнеръ* (Botner) и въ нѣмецкихъ Альпахъ *каре* (Kare). Верхнія окончанія такихъ долинъ обладаютъ своеобразною формою котловинъ; крутые обрывы горъ образуютъ ихъ стѣны и обрамляютъ чашеобразное дно, занятое однимъ или нѣсколькими озерами. Иногда нѣсколько цирковъ или каре нагромождаются въ одномъ мѣстѣ, располагаясь другъ за другомъ или одинъ на другомъ; дно каждой изъ такихъ котловинъ отдѣляется отъ нижележащей впадины крутыми обрывами (см. рис. 336). Настоящія каре возникаютъ только тамъ, гдѣ существовали нѣкогда глетчеры; въ верховьяхъ же долинъ, которыя никогда не были покрыты льдомъ, мы находимъ воронкообразныя углубленія безъ крутого чашеобразнаго дна, свойственнаго циркамъ или каре. Противуположность между мульдообразными основаніями и круто падающими стѣнами цирковъ рѣзко бросается въ глаза, но и тѣ и другія произошли, благодаря выпахивающему дѣйствію ледниковъ. Ниспадая съ обрыва, ледникъ срѣзаетъ и сглаживаетъ его верхній край; по мѣрѣ опусканія внизъ наклонъ ложа увеличивается, и выпахивающая дѣятельность глетчера повышается; наибольшей силы послѣдняя достигаетъ у подножія уступа, гдѣ ледникъ вступаетъ въ слабо наклоненную часть долины: здѣсь образуется настоящая котловина (ср. стр. 480); потому-то вершинныя озера, заполняющія котловины выпахиванія, обладаютъ сравнительно съ ихъ размѣрами значительною глубиною и превосходятъ въ этомъ отношеніи краевыя озера; они несутъ на себѣ явные слѣды дѣйствія ледниковъ и нерѣдко обрамляются „курчавыми скалами"; иногда такія озера образуются просто вслѣдствіе заполненія водою мульдообразныхъ впадинъ между отдѣльными бараньими лбами. Прекрасный примѣръ этого рода представляетъ одно изъ небольшихъ озеръ, расположенныхъ подъ Фельбскимъ Тауэрномъ вблизи дороги, которая ведетъ къ Миттерсиллю въ Пинцгау; такой же примѣръ въ Шотландіи описалъ *Гейки* (см. рис. 337).

Однако не всѣ вершинныя озера образовались путемъ выпахиванія; нѣкоторыя

произошли вслѣдствіе запруды рѣкъ обвалами, коническими осыпями и *моренами.* Такъ, напр., озеро „Рыбій Ставъ“ (Fischsee) въ Татрахъ, принадлежащее къ группѣ живописныхъ водоемовъ этой мѣстности, окружено дугообразными конечными моренами (см. рис. 336). Другія вершинныя озера заполняютъ углубленія, образовавшіяся вслѣдствіе неравномѣрнаго отложенія поддонныхъ моренъ; такъ какъ выпахивающая дѣятельность ледника проявляется въ разныхъ мѣстахъ далеко не одинаково, то и моренный матеріалъ накопляется неравномѣрно. Озера этого рода распростра-

Рис. 336. Озеро „Рыбій Ставъ“ въ Высокихъ Татрахъ.

нены въ сѣверной Германіи, гдѣ они заполняютъ углубленія въ древнемъ основаніи внутренняго льда; послѣднее сохранило свой неправильный волнообразный характеръ до нашихъ дней; только всѣ первоначальныя впадины его заполнились водою, которая произошла изъ атмосферныхъ осадковъ; такимъ образомъ и возникли эти замкнутыя озера, не принимающія въ себя ручьевъ и никуда не изливающія своихъ водъ. Нѣкоторыя изъ озеръ этой мѣстности образовались вслѣдствіе запруды конечными моренами и нѣкоторыя произошли, вѣроятно, благодаря сверлящему дѣйствію воды, которая во время таянія льдовъ стекала къ югу.

Явленія, которыя встрѣчаемъ мы въ Альпахъ и сѣверной Германіи, повторяются и въ другихъ мѣстахъ: на Скандинавскомъ палуостровѣ, въ Шотландіи, въ Пиренеяхъ, въ Сѣверной Америкѣ, Патагоніи, Новой Зеландіи и др.; рельефъ этихъ странъ носитъ характерный отпечатокъ: вершинныя озера или каре въ горахъ, краевыя озера у подножія ихъ и фіорды на берегу составляютъ типичныя черты названныхъ

мѣстностей. Эти явленія найдутъ надлежащее объясненіе, если мы допустимъ, что геологическое дѣйствіе ледниковъ всюду проявляется одинаково. Оно рѣзко отличается отъ размывающей дѣятельности проточныхъ водъ: глетчеръ пропахиваетъ дно долины во всю ширину и увеличиваетъ поперечный размѣръ ея, рѣка же дѣйствуетъ по опредѣленной линіи и только углубляетъ свое ложе. Ледникъ стремится усилить ступенчатый характеръ верхнихъ частей долины, проточныя же воды сглаживаютъ всѣ неровности дна и создаютъ равномѣрный уклонъ. Глетчеръ не можетъ образовать долину и пользуется готовымъ уже ложемъ. Въ какой степени и въ какомъ на-

Рис. 337. Курчавыя скалы и озерныя котловины, выпаханныя ледниками въ Шотландіи. (По Гейки.)

правленіи послѣднее будетъ измѣняться, — зависитъ отъ особенностей его строенія. Такъ, напр., выпахиваніе котловинъ происходитъ лишь въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ имѣются для этого благопріятныя условія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ дѣятельность ледника ограничивается расчисткою углубленій, существовавшихъ раньше и заполненныхъ впослѣдствіи валунными отложеніями и другими рыхлыми образованіями.

Въ послѣднее время выпахивающая дѣятельность ледниковъ уяснилась во многихъ отношеніяхъ; тѣмъ не менѣе нѣкоторые вопросы и въ настоящую минуту далеко еще не рѣшены. Такъ, напр., мы совершенно не знаемъ, съ какою скоростью происходитъ разрушеніе породъ, подстилающихъ ледникъ; въ этомъ направленіи сдѣланы только первые шаги: Бальцеръ пробуравилъ дно Гринденвальдскаго ледника въ 14 разныхъ мѣстахъ и точно измѣренныя углубленія заполнилъ гипсомъ, глиной и цементомъ. Въ періодъ ближайшаго наступанія ледникъ закроетъ это мѣсто и,

какъ надо полагать, продержится здѣсь $1^1/_2$—2 десятка лѣтъ. Въ періодъ новаго отступанія возможно будетъ точно измѣрить глубину буровыхъ скважинъ и получить такимъ образомъ важныя данныя для опредѣленія величины выпахиванія.

Другой также нерѣшенный вопросъ касается происхожденія альпійскихъ краевыхъ озеръ. Мы уже видѣли, насколько затруднительно объяснить дѣйствіемъ ледниковъ образованіе озера Шлиръ; особенности Женевскаго озера точно также не позволяютъ приписать ему ледниковое происхожденіе и заставляютъ искать другихъ объясненій: въ однихъ случаяхъ слѣдуетъ, вѣроятно, допустить простыя осѣданія извѣстныхъ участковъ (Женевское озеро), въ другихъ случаяхъ придется прибѣгнуть къ болѣе сложнымъ тектоническимъ процессамъ (Гардское озеро).

Серьезнымъ и хорошо обоснованнымъ объясненіемъ обязаны мы *Гейму.* Онъ показалъ, что на склонахъ Швейцарскихъ краевыхъ озеръ существуютъ системы террассъ, *продолжающіяся и подъ водою*; въ особенно рѣзкой формѣ наблюдается это явленіе въ Цюрихскомъ озерѣ. Отсюда можно заключить, что склоны долины какъ надъ поверхностью озера, такъ и ниже ея были первоначально размыты рѣкою, и что впослѣдствіи эта часть долины глубоко опустилась. Далѣе доказано, что дно озера слабо и постепенно падаетъ по направленію къ Альпамъ; съ другой стороны нѣкоторыя рѣчныя террассы въ поясѣ молассовъ у наружнаго края Швейцарскихъ Альпъ наклонены во внутрь хребта на 3—4°. Когда рѣки закончили образованіе долинъ, альпійскія горы осѣли всею своею массою, прилегающія же къ нимъ страны сохранили неизмѣннымъ свое прежнее положеніе; вслѣдствіе этого части рѣкъ, протекавшія внутри горъ, были отрѣзаны отъ своихъ нижнихъ частей, и на границѣ происшедшаго опусканія дожны были образоваться озера; одновременно съ тѣмъ рѣчныя террассы наклонились по направленію къ Альпамъ. Это осѣданіе Альпъ, удовлетворительно объясняющее особенности Швейцарскихъ краевыхъ озеръ, Геймъ относитъ къ началу ледниковой эпохи: краевыя морены второго и третьяго оледенѣнія правильно опускаются внизъ; отсюда необходимо заключить, что во время ихъ образованія озера уже существовали.

Разсмотрѣнныя явленія имѣютъ, повидимому, значеніе не только въ вопросѣ о геологической дѣятельности ледниковъ; они могутъ расширить наши свѣдѣнія о континентальныхъ поднятіяхъ и опусканіяхъ. Если объясненіе Гейма окажется правильнымъ, то въ окрестностяхъ Альпъ безъ сомнѣнія, можно будетъ отмѣтить цѣлый рядъ подобныхъ же явленій. Только путемъ широкихъ и точныхъ изслѣдованій можно устранить противорѣчія и установить правильную точку зрѣнія на предметъ. Въ природѣ противорѣчій не существуетъ, они являются только тогда, когда мы приступаемъ къ рѣшенію сложныхъ вопросовъ безъ достаточнаго запаса наблюденій. Увеличеніе фактическаго матеріала, безъ сомнѣнія, прольетъ значительный свѣтъ на эти любопытные и въ высшей степени важные вопросы.

Плавающіе льды (айсберги).

Говоря о гренландскомъ внутреннемъ льдѣ, мы уже указывали, что въ нѣкоторыхъ фіордахъ глетчеры спускаются въ самое море; здѣсь ледяныя массы разрываются и образуютъ пловучіе льды или айсберги. Процессъ этотъ, называемый на языкѣ полярныхъ путешественниковъ „разрѣшеніемъ" (Kalben), повторяется и въ другихъ ледниковыхъ областяхъ арктическихъ и антарктическихъ странъ (см. рис. 340). Причина явленія заключается въ дѣйствіи воды; спускаясь въ море, ледъ лишается твердой опоры и плыветъ по поверхности.

Одни ледники разбиваются на глыбы незначительной величины (см. рис. 339), другіе даютъ начало огромнымъ айсбергамъ. У западнаго берега Гренландіи послѣдніе подымаются надъ поверхностью моря на 60 м., а въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ—даже на 110 метр. Но вслѣдствіе малаго удѣльнаго вѣса льда изъ моря выдвигается только незначительная часть ледяной глыбы, главная же масса ея скрывается въ водѣ; по этому можно судить о громадной мощности внутренняго льда. Айсберги, достигающіе теплыхъ странъ, должны обладать поразительными размѣрами. Ледяныя горы объемомъ въ 16—20 милліоновъ кубическихъ метр. являются нерѣдкостью; извѣстны даже громады въ 27 милліоновъ кубич. метр. Эти гигантскія льдины отрываются отъ ледника съ страшнымъ трескомъ; вверхъ подымается цѣлая туча ледяной пыли и водяныхъ брызгъ; огромная глыба скатывается въ воду и разрывается на части, образуя иногда множество мелкихъ льдинъ. Разрѣшеніе ледниковъ происходитъ черезъ неопредѣленные промежутки времени, продолжительность которыхъ опредѣляется весьма разнообразными причинами. Вычислено, что наиболѣе дѣятельные глетчеры Гренландіи выдѣляютъ въ море такое огромное количество льда, что изъ него ежедневно можетъ образоваться большой айсбергъ. Ледникъ Муиръ въ Аляскѣ разрѣшается тоже черезъ неопредѣленные промежутки, величина которыхъ колеблется между 5 минутами и цѣлымъ часомъ.

Плавающіе льды представляютъ большой интересъ въ геологическомъ отношеніи: они являются какъ бы „плотами", на которыхъ переносятся каменныя глыбы, песокъ и илъ. Они проходятъ огромныя пространства прежде чѣмъ успѣютъ растаять подъ вліяніемъ теплаго воздуха и теплой воды. Суда, проѣзжающія между Европой и Америкой нерѣдко встрѣчаютъ гренландскіе айсберги. Плавающіе льды южнаго полюса достигаютъ Капштадта и устья Лаплаты. При таяніи айсберговъ несомые ими камни падаютъ на дно и облекаются морскими осадками. Такимъ путемъ и образуются известняки, песчаники и глины, содержащіе въ своей массѣ болѣе или менѣе значительныя глыбы совершенно чуждыхъ имъ породъ.

Недавно полагали, что такія отложенія достигаютъ значительной мощности на Ньюфаундлэндской мели, которая занимаетъ площадь въ 125,000 кв. метр. и выдвигается среди моря, достигающаго въ глубину до 2600 метр. Поверхность этой мели, лежащая въ 200 метр. отъ поверхности воды, сплошь покрыта глыбами рыхлыхъ породъ. Однако, при ближайшемъ изслѣдованіи оказалось, что послѣднія занесены съ сосѣдняго материка, а не изъ полярныхъ областей. Тѣмъ не менѣе *переносная дѣятельность* айсберговъ заслуживаетъ полнаго вниманія: весьма вѣроятно, что постороннія породы, находимыя въ песчаныхъ и глинистыхъ образованіяхъ древнѣйшихъ эпохъ, переносились съ материка такимъ именно образомъ и отлагались вдали отъ мѣста первоначальнаго залеганія.

Слѣдуетъ остерегаться отъ смѣшиванія различныхъ видовъ плавающаго льда: не считая незначительныхъ количествъ твердаго и прозрачнаго прѣсноводнаго льда, заносимаго рѣками, должно отличать *глетчерный ледъ айсберговъ* (см. рис. 338—340) отъ *соленоводнаго льда,* который происходитъ вслѣдствіе замерзанія морской воды и имѣетъ большое распространеніе въ полярныхъ областяхъ. Онъ образуетъ здѣсь цѣлыя ледяныя поля, характеризующіяся незначительною толщиною составляющихъ его массъ и относительно плоскою поверхностью, которая бываетъ ясно выражена, по крайней мѣрѣ, въ первые годы послѣ возникновенія этихъ льдовъ. Старый морской

Рис. 338. Плавающіе льды или „айсберги". (По Гейки.)

ледъ, переживш҇ій нѣсколько зимъ, испытываетъ своеобразныя измѣненія. Австрійская полярная экспедиція подъ начальствомъ Вейпрехта и Пайера была затерта льдомъ и провела среди нихъ два года; ей мы и обязаны точнымъ описаніемъ указанныхъ измѣненій. Въ зимнее время льдины наталкиваются и надвигаются другъ на друга, разрываются и снова смерзаются; такимъ образомъ и возникаютъ тѣ огромныя массы льда, которыя „затираютъ" суда отважныхъ путешественниковъ и долго держатъ ихъ въ своихъ тискахъ.

Морской ледъ или совсѣмъ не переноситъ обломковъ горныхъ породъ, или переноситъ ихъ въ слишкомъ незначительномъ числѣ. Наоборотъ, рѣчной ледъ увлекаетъ съ собою огромныя глыбы скалъ. По свидѣтельству Ляйэлля, этотъ процессъ можно наблюдать въ широкихъ размѣрахъ на р. Св. Лаврентія въ Канадѣ.

Рис. 339. Плавающіе льды у берега Гренландіи, доставляемые глетчеромъ. (По Норденшёльду.)

Рис. 340. Ледники о-ва Яна Майена, спускающіеся въ море. Изъ Трудовъ норвежской полярной экспедиціи?

Дѣятельность вѣтра.

Вода принимаетъ весьма важное участіе въ разрушеніи и переносѣ твердыхъ породъ, и тамъ, гдѣ ея дѣятельность проявляется въ широкихъ размѣрахъ, всѣ другія силы отступаютъ на второй планъ. Однако, мы не можемъ пренебрегать послѣдними и должны разсмотрѣть ихъ геологическое значеніе. Въ ряду этихъ второстепенныхъ дѣятелей главная роль принадлежитъ *вѣтру*. Крупный и твердый матеріалъ не разрушается и не переносится воздушными потоками; наоборотъ, пыль и песокъ подлежатъ ихъ дѣйствію.

Наиболѣе извѣстнымъ проявленіемъ дѣятельности вѣтра служитъ переносъ песку и образованіе *дюнъ*. Этотъ процессъ наблюдается всюду въ равнинахъ, покрытыхъ сыпучими песками и лишенныхъ растительности. Съ наибольшею легкостью и быстротою дюны образуются у морскихъ намывныхъ береговъ, гдѣ скопляются огромныя массы песку, и гдѣ вѣтеръ обладаетъ особою силою; однако, это явленіе имѣетъ мѣсто, и внутри материковъ, а также на берегахъ рѣкъ; и особенно широкаго развитія достигаетъ оно въ пустыняхъ.

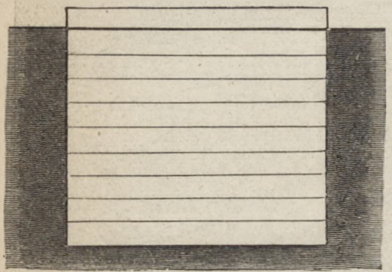


Рис. 341. Схема плавающей льдины, показывающая отношеніе погруженной части къ величинѣ части выступающей подъ водою.

Способъ образованія дюнъ чрезвычайно простъ. Распространяясь надъ совершенно плоскою равниною и не встрѣчая никакихъ препятствій, песокъ ложится равномѣрнымъ слоемъ; но если на пути его выступаетъ какая-либо преграда, онъ скопляется здѣсь въ большомъ количествѣ. Воткнувъ въ прибрежные пески рядъ кольевъ, простирающихся перпендикулярно къ главному направленію вѣтра, можно искусственно вызвать образованіе дюнъ. Песчинки собираются около кольевъ, образуя насыпь съ пологимъ откосомъ спереди и крутымъ склономъ — сзади. Въ природѣ камни, растенія и другія тѣла являются тѣмъ ядромъ, около котораго растутъ дюны. Первоначальная преграда скоро совсѣмъ покрывается пескомъ, но огромныя скопленія послѣдняго представляютъ уже сами по себѣ препятствіе, и дюна продолжаетъ расти. Такимъ путемъ образуются на поверхности почвы ряды песчаныхъ холмовъ. Послѣдніе, однако, не сохраняютъ неизмѣннымъ своего положенія; когда они достигаютъ извѣстной высоты, ростъ ихъ останавливается; покрываясь новыми массами песку, передніе склоны ихъ дѣлаются все болѣе пологими, вершина же сдувается и матеріалъ ея падаетъ назадъ; послѣ этого образуется новый гребень, уже нѣсколько дальше прежняго. Такимъ образомъ дюны непрерывно передвигаются внутрь материка, хотя и очень медленно.

Высота, размѣры и форма дюнъ неодинаковы въ разныхъ мѣстахъ. Въ Сахарѣ онѣ достигаютъ иногда 200 метр. въ высоту и образуютъ цѣпи длиною въ 70—80 километр. Но такіе размѣры являются исключительными: даже въ Ливійской пустынѣ, чрезвычайно богатой пескомъ, не существуетъ дюнъ выше 100 метр., большинство же достигаетъ только 20—30 метр. На берегахъ Средиземнаго моря во Франціи дюны не поднимаются выше 6—7 метр., въ Гаскони онѣ достигаютъ 90 метр., а на Куришъ-Нерунгѣ — 70 метр. Большинство дюнъ представляетъ длинные, параллельные другъ другу и почти прямолинейные гребни. Въ сѣвероафриканскихъ пустыняхъ такая форма является преобладающей, но въ другихъ мѣстахъ встрѣчаются одинокіе круглые холмы и серповидныя дюны („барханы“); послѣднія широкое распространеніе имѣютъ въ песчаныхъ степяхъ Туркестана и Закаспійской области.

Дюны, постепенно подвигающіяся внутрь материка, причиняютъ много вреда; онъ особенно обнаруживается въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ въ послѣднее время были вырублены лѣса, препятствовавшіе развитію дюнъ. Теперь напрягаются всѣ усилія къ тому, чтобы снова развести растительность въ опустошенныхъ мѣстахъ и воспрепятствовать дальнѣйшему движенію песковъ. Для этого принимаются слѣдующія мѣры: непосредственно у берега устанавливаютъ какія-либо преграды и вызываютъ здѣсь искусственно образованіе дюны, которая должна преградить песку путь къ главнымъ дюнамъ, лежащимъ далѣе. Пространство позади такой искусственной „передовой" дюны (Vordüne) засѣвается травой и другими растеніями, которыя могутъ корениться въ пескѣ; вмѣстѣ съ появленіемъ растительности начинается образованіе перегноя, и скоро является возможность разведенія сосенъ и др. деревьевъ. Такимъ же образомъ засаждаются и настоящія дюны. Появляющаяся на нихъ растительность должна препятствовать ихъ дальнѣйшему движенію.

Гибельныя послѣдствія, причиняемыя движеніемъ дюнъ, можно видѣть въ разныхъ мѣстахъ и между прочимъ на „нерунгѣ", отдѣляющемъ отъ моря Куришъ-гафъ. Вдоль этой узкой косы, достигающей 11 миль въ длину, тянется высокая и широкая цѣпь дюнъ, которыя поднимаются своими вершинами до 70 метр. Среднимъ числомъ эти дюны передвигаются почти на 6 метровъ въ годъ и погребаютъ подъ массами песку лѣса, деревни и поля. Жители покидаютъ свои дома и переселяются въ другое мѣсто, гдѣ ихъ скоро опять настигаютъ дюны. Такимъ образомъ исчезли селенія Айгетта, Негельнъ, Карвайтенъ. Селеніе Филлькоппенъ было перенесено дальше, но и здѣсь его скоро засыпалъ песокъ. Бѣжавшіе жители устроились опять на новомъ мѣстѣ, но и третій Филлькоппенъ будетъ засыпанъ, подобно своимъ предшественникамъ. Та же участь грозитъ мѣстечкамъ, которыя лежатъ на самомъ берегу гафа; врядъ ли спасутъ ихъ и укрѣпленія дюнъ; только селеніе Сарканъ на южномъ концѣ косы находится въ лучшихъ условіяхъ, такъ какъ здѣсь дюны обладаютъ незначительною высотою. Мѣста, настигнутыя пескомъ, недолго остаются погребенными въ его массахъ; съ теченіемъ лѣтъ дюны уходятъ дальше, а развалины погибшихъ селеній выступаютъ опять на дневную поверхность. Рис. 342—344 представляютъ подобный случай въ деревнѣ Кунценъ. Въ началѣ нынѣшняго столѣтія эта деревня была настигнута дюнами и черезъ нѣсколько десятковъ лѣтъ совсѣмъ засыпана пескомъ; въ настоящее время развалины церкви выступили съ навѣтренной стороны песчанаго холма. Дюны перейдутъ, наконецъ, черезъ весь „нерунгъ", и песокъ ихъ будетъ сдуваться въ заливъ. Уже теперь берегъ „нерунга" надвигается въ сторону гафа, а черезъ 200 и самое большое черезъ 550 лѣтъ вся масса дюнъ низвергнется въ воду и совершенно загромоздитъ мелкій гафъ, по крайней мѣрѣ, въ его сѣверной части.

Подобныя же явленія наблюдаются на островѣ Сильтѣ (въ зап. Шлезвигѣ). „Песокъ дюнъ летитъ здѣсь внутрь страны, и вся цѣпь дюнъ находится въ поступательномъ движеніи. Въ 1757 году въ деревнѣ Рантумъ рушилась церковь, настигнутая дюнами. Въ 1791 или въ 1792 году послѣднія передвинулись дальше, а развалины церкви освободились отъ песку; онѣ лежали въ это время на берегу моря, но скоро скрылись подъ водой. Пятьдесятъ лѣтъ спустя онѣ находились уже въ 700 футахъ отъ берега, гдѣ глубина достигала 12 фут. Вторая церковь въ Рантумѣ была тоже засыпана пескомъ. Такая же участь постигла и деревню Ниблумъ, слѣды которой видны еще на берегу" (*Форхгаммеръ*).

Такимъ образомъ переносится не только песокъ, но и известняковая пыль нѣкоторыхъ коралловыхъ островоъ: дюны на Бермудскихъ о-вахъ причиняютъ много гибельныхъ опустошеній. Благодаря дѣйствію углекислоты и воды, эти известковыя скопленія затвердѣваютъ, образуя круто падающіе пласты. Какъ мы увидимъ въ одной изъ слѣдующихъ главъ, этотъ процессъ способствуетъ росту верхняго кольца коралловыхъ островоъ.

На намывныхъ берегахъ Финскаго залива и Балтійскаго моря дюны имѣютъ широкое распространеніе. Въ 26 верстахъ къ сѣверо-западу отъ Петербурга, въ селеніи *Сестрорѣцкѣ* онѣ занимаютъ прибрежную полосу длиною въ 13 верстъ и достигаютъ на сѣверѣ деревни Кокколово, а на югѣ упираются въ террассу Лисьяго Носа. Значительныя площади обнаженнаго песку, рѣзко выдѣляющіяся среди темной зелени сосноваго лѣса, лежатъ на южной окраинѣ селенія. Гонимый западными вѣтрами песокъ собирается передъ строеніями и заборами и погребаетъ ихъ въ своихъ массахъ: въ 1881 году широкая дорога, ведущая на Лисій Носъ и Лахту, была въ одномъ мѣстѣ совершенно засыпана, и песокъ образовалъ высокій холмъ, который подступилъ ко второму ряду домовъ. Другое значительное обнаженіе летучихъ песковъ находится въ сѣверной части Сестрорѣцка: здѣсь песокъ засыпалъ путь желѣзной дороги, и каждый разъ послѣ сильнаго вѣтра полотно приходилось расчищать, точно при снѣжныхъ заносахъ. Далѣе, дюны извѣстны между деревнями *Мурила* и *Лаутаранда,* на половинѣ разстоянія между Петербургомъ и Выборгомъ, и на южномъ берегу Кронштадтскаго залива между Ораніенбаумомъ и Красной Горкой. У устья *Наровы* также тянется значительная цѣпь песчаныхъ холмовъ (5 верстъ). Открытый берегъ въ этомъ мѣстѣ подвергается сильному прибою, и сюда по преимуществу выбрасываются обломки судовъ, потерпѣвшихъ крушеніе на Нарвскомъ рейдѣ. Мелкій песокъ, намываемый волнами, легко уносится вѣтромъ и образуетъ дюны до 35—40 фут. высотою. Нарвскія дюны не имѣютъ пустыннаго характера Сестрорѣцкихъ песковъ. Большая часть ихъ одѣты свѣжею, кудрявою зеленью ивоваго кустарника, нѣкоторыя же поросли густымъ лѣсомъ; впрочемъ, это не мѣшаетъ имъ подвигаться впередъ, хотя и болѣе медленно. Своимъ унылымъ видомъ выдѣляются *Ревельскія дюны:* онѣ лежатъ за городомъ, у самаго обрыва такъ называемаго глинта (стр. 530) и занимаютъ здѣсь площадь длиною въ 8 верстъ и шириною въ $^1/_2$—1 в. Къ сѣверу отъ нихъ тянется низина, покрытая лугами и кустарникомъ, еще дальше раскинулся Ревель съ темными башнями и высоко возносящимися къ небу тонкими шпилями готическихъ церквей, а за городомъ сливаясь съ горизонтомъ, широкой полосой синѣетъ море. Рѣзкую противоположность этой пестрой картинѣ представляютъ однообразныя бѣловато-желтыя дюны, почему то названныя „Голубыми горами“ (Blaue Berge): онѣ производятъ еще болѣе тоскливое впечатлѣніе, чѣмъ Сестрорѣцкіе пески, которые хотя мѣстами покрыты низкорослымъ и чахлымъ лѣсомъ. Здѣсь же, особенно съ восточной половины, не видно ни одного деревца, и только на самой окраинѣ торчатъ кое-гдѣ полузасыпанные пескомъ кустики ивы. Правда мѣстами дюны поросли злаками любящими сыпучій песокъ (Festuca rubra, Elymus arenarius), но эти блѣдно-окрашенныя и тощія травы не оживляютъ пустыннаго пейзажа и теряются на однообразномъ фонѣ песковъ. Большая часть Ревельскихъ дюнъ находится въ движеніи и имѣетъ видъ удлиненныхъ холмовъ, вытянутыхъ съ ю.-з. на с.-в., соотвѣтственно господствующимъ здѣсь вѣтрамъ. Въ ряду перечисленныхъ дюнъ старѣйшія по времени образованія — Ревельскія; онѣ лежатъ въ значительномъ удаленіи отъ моря и на высотѣ болѣе чѣмъ въ 100 фут. надъ его уровнемъ; позднѣе образовались Сестрорѣцкія дюны, отдѣленныя теперь отъ залива низменною полосою земли, мѣстами болотистой, мѣстами покрытой лѣсомъ; для созиданія новыхъ дюнъ вѣтеръ пользуется матеріаломъ старыхъ обнажившихся холмовъ, и только на сѣверѣ, гдѣ полоса дюнъ непосредственно омывается моремъ, въ ихъ образованіи принимаетъ участіе и береговой песокъ. Еще болѣе недавняго происхожденія дюны южнаго берега Кронштадтскаго залива, образованныя изъ песку старыхъ и новыхъ береговыхъ валовъ. Наконецъ, при устьѣ р. Наровы дюны слагаются на нашихъ глазахъ изъ матеріала выбрасываемаго теперь моремъ.

Изъ другихъ дюнъ Балтійскаго моря слѣдуетъ назвать *дюны Рижскаго залива,* достигающія наибольшаго развитія между Зап. Двиной и р. Аа (Лифляндской); онѣ занимаютъ здѣсь полосу въ $^1/_2$—$1^1/_2$ версты, а мѣстами и 2 в. шириною и расположены иногда въ два и три ряда; многія изъ нихъ поросли сосновымъ лѣсомъ, нѣкоторыя же находятся въ движеніи и причиняютъ немало вреда. Площадь засыпанныхъ пескомъ крестьянскихъ и пасторскихъ угодій предполагается не менѣе 200 десятинъ. Въ казенной дачѣ Магнусгофскаго лѣсничества, особенно въ сѣверо-восточной части ея, песокъ губитъ прекрасный сосновый лѣсъ и засыпаетъ маленькую рѣчку Ланге.

Западная окраина *Курляндіи* представляетъ типичный примѣръ намывного берега. На протяженіи цѣлыхъ 200 вер. до самой прусской границы она не имѣетъ ни одного рѣзко выдающагося мыса, ни одной глубоко врѣзанной бухты: изгибъ береговой линіи такъ незначителенъ, что даже на протяженіи нѣсколькихъ верстъ она кажется совершенно прямою. Несмотря на это, дюны начинаются только у *Либавы,* откуда онѣ тянутся вплоть до Бернатена и дальше: причина

такого сравнительно скромнаго распространенія ихъ кроется въ чрезвычайной мелкости выбрасываемаго моремъ песку, который впитываетъ много воды и, долго удерживая ее, слеживается въ плотную массу; на немъ не остается даже слѣдовъ отъ проходившаго человѣка или проѣзжавшей телѣги. Ровная и плоская намытая полоса представляетъ удобнѣйшій путь для экипажей, которые сворачиваютъ сюда даже съ почтовой дороги. При такихъ условіяхъ дѣятельность вѣтра можетъ проявиться лишь въ ограниченныхъ размѣрахъ, и, дѣйствительно, здѣшнія дюны достигаютъ въ среднемъ только 9—12 метр. въ высоту. Нынѣ всѣ пески къ югу отъ Бернатена одѣты густымъ сосновымъ лѣсомъ, но въ недалекомъ прошломъ они были грозою сосѣднихъ мѣстъ: встревоженные отъ вѣкового покоя порубкой скрѣплявшихъ ихъ деревьевъ, они пришли въ движеніе и засыпали немало угодій, усадьбъ и мызъ. Такъ изъ старинной карты окрестностей Либавы, составленной въ 1637 г. землемѣромъ Тобіемъ Кращеномъ, видно, что на томъ мѣстѣ, гдѣ нынѣ воздымается величайшая изъ дюнъ Курляндіи „Кюппе-Калисъ“ (70 м.), т.-е. близъ Меетраге, существовала нѣкогда мыза, отъ которой не осталось и слѣда; точно также исчезли 18 крестьянскихъ усадебъ, погребенныя въ массахъ песку. Немало было засыпано и лѣса. Для остановки дальнѣйшаго движенія дюнъ, въ 1835 г. было приступлено къ укрѣпленію песковъ, а въ 1860 г. всѣ работы закончились, и теперь, за исключеніемъ небольшихъ лысинъ, всѣ пески (594 десятины) покрыты густымъ лѣсомъ.

Движеніе Сестрорѣцкихъ дюнъ въ 70-хъ годахъ, встревожившее мѣстное населеніе и угрожавшее заводу, побудило г. *Н. Соколова* заняться изслѣдованіемъ летучихъ песковъ этой мѣстности. Лѣто 1880 г. онъ провелъ въ Сестрорѣцкѣ. „Своеобразное величіе холмовъ сыпучаго песка“, пишетъ онъ, „и изящная правильность ихъ очертаній произвели на меня глубокое впечатлѣніе. День за днемъ проводилъ я на дюнахъ, наблюдая за движеніемъ и скучиваніемъ песка и слѣдя за измѣненіемъ хорошо знакомыхъ мнѣ очертаній. Я видѣлъ, какъ вѣтеръ образовывалъ на поверхности сыпучаго песка красивую рябь, какъ возникали новыя дюны, постепенно возрастали и принимали свои типичныя формы, какъ разрушались вѣтромъ старыя, обнаруживая свое внутреннее строеніе, какъ однѣ дюны успокаивались, зарастая травой и кустарникомъ, другія же, ранѣе успокоившіяся и заросшія, снова начинали тревожиться и, сбрасывая растительный покровъ, приходили въ движеніе. Вмѣстѣ съ тѣмъ я наблюдалъ за дѣйствіемъ волнъ, набѣгавшихъ на песчаный берегъ, и слѣдилъ за образованіемъ береговыхъ валовъ для того, чтобы сравнить созданное вѣтромъ съ создаваемымъ волнами моря“. Послѣ этого г. Соколовъ изучалъ многія другія дюны, какъ прибрежныя, такъ и материковыя. Въ результатѣ этихъ разностороннихъ изслѣдованій явилось въ 1884 г. прекрасное сочиненіе „Дюны, ихъ образованіе, развитіе и внутреннее строеніе“, сразу занявшее выдающее мѣсто въ нашей геологической литературѣ и черезъ 10 лѣтъ вышедшее на нѣмецкомъ языкѣ въ переводѣ Арпруни съ новѣйшими дополненіями автора. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы задались цѣлью исчерпать трудъ г. Соколова, а потому позволимъ себѣ остановиться только на нѣкоторыхъ его выводахъ.

Особенный интересъ представляетъ *строеніе дюнъ*. Мы уже видѣли, что при извѣстныхъ условіяхъ движеніе и дальнѣйшее развитіе дюнъ можетъ остановиться: скованныя растительнымъ покровомъ, онѣ замираютъ и дѣлаются неподвижными. Но покой дюнъ не прочень, и весьма часто онѣ снова приходятъ въ движеніе, частью сбрасывая, частью засыпая пескомъ покрывающій ихъ растительный слой. Вѣтеръ пользуется малѣйшими поврежденіями послѣдняго и, выдувая обнаженный песокъ, оживляетъ дюну. Размывающее дѣйствіе морскихъ волнъ, вырываніе бурей деревьевъ, даже норы нѣкоторыхъ животныхъ (напр. кротовъ) даютъ толчокъ къ пробужденію дюнъ, но главнѣйшимъ нарушителемъ покоя ихъ является человѣкъ: вырубка лѣса, лѣсные пожары, стравливаніе травянистой растительности стадами, самая пастьба скота и прогонъ его, проложеніе дорогъ — все это повреждаетъ тонкій и рыхлый слой растительной земли и даетъ вѣтру доступъ къ дюнному песку. Встарину летучіе пески Европы были покрыты лѣсомъ, и начало ихъ движенія относится къ историческому времени: по крайней мѣрѣ, ни одинъ изъ писателей древняго міра не упоминаетъ о существованіи холмовъ, переносимыхъ вѣтромъ. Огромныя дюны Данцига и Ютландіи пришли въ движеніе послѣ порубки лѣса. Точно также сестрорѣцкіе пески, повидимому, оживились недавно: тѣ мѣста, гдѣ теперь они заносятъ дома, на памяти старожиловъ были еще покрыты вѣковыми соснами, и о движеніи песковъ не было помину.

Во многихъ дюнахъ смѣна періодовъ покоя и движенія происходитъ нѣсколько разъ, что неизбѣжно отзывается на ихъ строеніи. Такъ, въ дюнахъ Куришъ Нерунга между пескомъ замѣчаются прослои старой лѣсной почвы, достигающія $^1/_2$—$1^1/_2$ фут. въ толщину и обозначающія прежнюю поверхность горъ и долинъ. Это — тотъ же дюнный песокъ, но окрашенный перегноемъ древней растительности и нѣсколько скрѣпленный имъ. Внутри такихъ слоевъ, а также и сверху ихъ попадаются хорошо сохранившіяся сосновыя шишки; здѣсь же находятся корни деревьевъ, пни которыхъ въ вышележащемъ пескѣ совершенно вывѣтрились и имѣютъ видъ трубъ. Слои перегноя и растительныхъ остатковъ г. Соколовъ наблюдалъ также въ дюнахъ у Нарвскаго залива, у устья Западной Двины въ окрестностяхъ Либавы, но въ особенномъ изобиліи встрѣчаются они въ Сестрорѣцкихъ и Кокколовскихъ дюнахъ. По большей части мы видимъ здѣсь одинъ, два или три слоя растительной земли, отдѣленныхъ промежутками чистаго дюннаго песка толщиною

$^1/_4$—$^1/_2$ метра и больше. Эти слои представляютъ неровныя поверхности, часто весьма запутанныя и всячески пересѣкающіяся между собой, но опытный глазъ замѣчаетъ въ нихъ очертанія прежнихъ вершинъ и склоновъ и, изучая ихъ направленія, геологъ получаетъ возможность возстановить исторію дюны, опредѣлить ея прежніе размѣры, ея возрастаніе или уменьшеніе и направленіе движенія. Въ размѣрахъ, проникающихъ глубже основанія дюнъ, мы встрѣчаемъ иногда и тотъ растительный слой, на который надвинулись дюны.

Но особенно любопытна *слоистость* самого дюннаго песка, происходящая вслѣдствіе различія въ величинѣ песчинокъ и до поразительности сходная съ слоистостью водныхъ отложеній. Причина ея кроется въ сортирующей дѣятельности вѣтра, который, смотря по своей силѣ, извлекаетъ изъ песчаныхъ массъ зерна различной крупности; съ наибольшею очевидностью этотъ процессъ можно наблюдать во многихъ изъ сестрорѣцкихъ „котловинъ выдуванія“ (такъ называются углубленія, образованныя вѣтромъ у подножія дюнъ) и вообще всюду, гдѣ существуютъ обнаженія сыпучихъ песковъ. Нѣкоторыя изъ этихъ котловинъ проходятъ всю толщу дюннаго песка и достигаютъ подстилающихъ его песчано-галечныхъ отложеній. Извлекая отсюда мелкія зерна, вѣтеръ оставляетъ на днѣ только крупный песокъ, гравій и гальки. Но такая сортировка производится не однимъ разомъ, и сильный вѣтеръ поднимаетъ крупинки, которыя остаются спокойными при слабыхъ движеніяхъ воздуха. Такимъ образомъ, на поверхность дюны нагоняется песокъ различной крупности, вслѣдствіе чего получаются слои, по своему виду сходные съ прослоями перегноя; они изгибаются то вверхъ, то внизъ и срѣзаютъ другъ друга подъ разными углами. Слоистость можетъ произойти также вслѣдствіе измѣненія минералогическаго состава песка, особенно если вѣтры дуютъ съ различныхъ сторонъ.

Наступающія дюны производятъ значительныя геологическія измѣненія, выражающіяся отклоненіемъ рѣчныхъ руселъ и образованіемъ озеръ. Такъ, напр., Ижорскія дюны на южномъ берегу Кронштадскаго залива на нашихъ глазахъ оттѣсняютъ къ востоку устье рѣчки Санаоя, которая версты 2 течетъ параллельно берегу моря и обмываетъ подвѣтренные (крутые) склоны дюнъ. Еще большіе размѣры это явленіе имѣетъ на берегахъ Рижскаго залива, гдѣ такія значительныя рѣки, какъ курляндская Аа и Виндава, потерпѣли отклоненіе въ своихъ устьяхъ; первая изъ нихъ на протяженіи 30 верстъ течетъ вдоль берега залива, отдѣляясь отъ него перешейкомъ всего версты въ 3 шириною); вторая отклонена, по крайней мѣрѣ, на 10 верстъ къ востоку отъ мѣста первоначальнаго впаденія въ море. Начало отклоненія принадлежитъ прибою волнъ, образующихъ отмель; наростая, послѣдняя превращается въ косу, постепенно возвышаемую наносомъ песку, и покрывается, наконецъ, дюнами, которыя все дальше отодвигаютъ рѣчныя русла. Точно также перемѣщаются внутрь страны и тѣ озера, которыя образовались вслѣдствіе отдѣленія отъ моря такъ называемыхъ „гафовъ“. Такимъ именно путемъ произошли многія лагуны Гаскони, которыя, какъ выражается Реклю, „бѣжали вверхъ по скату материка, подъ неотразимымъ натискомъ песчаныхъ массъ“. О движеніи этихъ озеръ свидѣтельствуютъ даже историческія данныя: многія селенія принуждены были много разъ переноситься съ мѣста на мѣсто, чтобы избавиться отъ затопленія водами озеръ. Подобныя же явленія въ грандіозныхъ размѣрахъ происходятъ на берегу Балтійскаго моря (Куришъ-Гафъ), и весьма вѣроятно, что большія озера Курляндіи (Тосмарское, Либавское и Папенское) образовались указаннымъ способомъ. Наконецъ, озера и болота могутъ произойти и безъ участія моря, а просто вслѣдствіе задержки дюнами атмосферной воды, ручьевъ и небольшихъ рѣчекъ. Такой процессъ образованія болотъ можно наблюдать нынѣ въ ложбинахъ между цѣпями Кокколовскихъ дюнъ. Нельзя не упомянуть о такъ называемыхъ „пловучихъ пескахъ“ (Triebsand), которые встрѣчаются среди дюнъ. Тонкая кора ихъ не выдерживаетъ тяжести человѣка, который проваливается и погибаетъ въ такихъ замаскированныхъ водоемахъ. Послѣдніе образуются вслѣдствіе скрытыхъ въ пескѣ горизонтальныхъ струй воды, а также благодаря ключамъ, которые съ силою пробиваются вверхъ; наконецъ, они могутъ произойти вслѣдствіе навѣванія песка на стоячую воду.

Какъ уже указывалось выше, дюны существуютъ также и на берегахъ рѣкъ. Въ западной Европѣ онѣ развиты очень мало, но у насъ имѣютъ широкое распространеніе. Въ долинахъ сѣверныхъ рѣкъ — Волхова, Сяси и др. — дюны попадаются рѣдко. Наоборотъ, въ средней и южной Россіи, на р.р. Западной Двинѣ, Нѣманѣ, Волгѣ, Мологѣ, Окѣ, Днѣпрѣ и Донѣ онѣ занимаютъ обширное пространство. „Алешкинскіе пески“ въ низовьяхъ р. Днѣпра тянутся на протяженіи цѣлыхъ 150 верстъ, достигая 30 верстъ въ ширину. Сыпучій песокъ образуетъ здѣсь подвижные холмы — дюны, извѣстныя въ народѣ подъ названіемъ „кучугуръ“ Большая часть ихъ не обнаруживаетъ ясно выраженнаго различія между навѣтреннымъ и подвѣтреннымъ склонами, такъ какъ мѣстность открыта здѣсь со всѣхъ сторонъ, и дюны подвергаются поочередно дѣйствію различныхъ вѣтровъ: одни холмы имѣютъ видъ неправильныхъ конусовъ, то болѣе возвышенныхъ и островерхихъ, то болѣе плоскихъ; другіе приближаются по формѣ къ грядамъ, разнообразно изогнутымъ и искривленнымъ. Въ настоящее время большая часть площади, занятой Алешкинскими песками, покрыта кустарникомъ (ивнякомъ), и изъ 88,338 десятинъ, принадлежащихъ казнѣ, только 17,734 представляютъ совершенно летучій обнаженный песокъ. Что касается происхожденія такой обширной песчаной площади, то на этотъ вопросъ изливаетъ свѣтъ слѣдующее обстоятельство. Между Казачьими лагерями и Алешками отъ

Исторія земли. I.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ВОСТОЧНАЯ САХАРА.

(Съ натуры.)

долины Днѣпра отдѣляется широкая ложбина, которая сначала направляется на югъ, затѣмъ на юго-западъ и, свернувъ на западъ, снова соединяется съ долиной Днѣпра у Голой пристани. На своемъ почти пятидесятиверстномъ протяженіи ложбина эта покрыта многочисленными озерами и болотами (около сотни), что заставляетъ признать ее старымъ русломъ Днѣпра (старицею). Пески, давшіе начало дюнамъ, безъ сомнѣнія представляли такіе же песчаные отмели и острова, какіе и нынѣ намываются Днѣпромъ; если же на послѣднихъ вѣтеръ не проявляетъ еще своей дѣятельности, то причина этого кроется въ ихъ незначительной высотѣ и сильной влажности, которая способствуетъ развитію разнообразной растительности.

Другая обширная область рѣчныхъ дюнъ находится на Дону, между Усть-Медвѣдицкой и Новогригорьевской станицими. Пески начинаются здѣсь не на самомъ берегу рѣки, а отдѣляются отъ нея луговой поймой Днѣпра; ширина полосы, занятой дюнами, которыя носятъ здѣсь названіе „буруновъ" колеблется между 8 и 18 верстами. Благодаря своей мелкости песокъ придонскихъ дюнъ такъ подвиженъ, что даже при слабыхъ вѣтрахъ переносится на значительныя разстоянія и засыпаетъ дороги. Во время сильнаго вѣтра ходить по придонскимъ бурунамъ очень непріятно; мелкія песчинки носятся въ видѣ густой тучи и осыпаютъ путника съ головы до ногъ, производя чувствительные уколы въ лицо и руки Въ ложбинахъ („падахъ") среди дюнъ, гдѣ вслѣдствіе влаги развивается роскошная растительность, мѣстные жители не разъ пробовали сѣять коноплю, но принуждены были скоро отказаться отъ этого, такъ какъ цѣлыя пашни засыпались надвигающимися бурунами. Донскія дюны также образовались на счетъ песку, намытаго рѣкою, которая подобно Днѣпру отступала въ сторону праваго берега.

Кромѣ прибрежныхъ дюнъ (морскихъ и рѣчныхъ), у насъ имѣютъ огромное развитіе и материковыя дюны, встрѣчающіяся довольно часто и въ разныхъ мѣстахъ. Такъ, напримѣръ, въ Польшѣ обширныя площади заняты песчаными почвами. Въ Полѣсьѣ дюнныя образованія встрѣчаются почти на каждомъ шагу, хотя и обладаютъ незначительными размѣрами. Въ Черниговской губ многіе уѣзды страдаютъ отъ песчаныхъ заносовъ, постепенно усиливающихся вслѣдствіе порубки лѣсовъ. По обѣ стороны дороги, ведущей изъ Городни въ Стародубъ, часто растилаются необозримыя степи: большіе столбы песка кружатся вихремъ и съ страшною силой разносятся по степи, засыпая пашни и поля. Не менѣе развиты материковыя дюны въ сѣверной и средней Россіи. Однако, онѣ явились въ большинствѣ случаевъ по винѣ самого человѣка: климатическія условія Россіи не благопріятствуютъ ихъ образованію. Лишь въ прикаспійскихъ степяхъ, представляющихъ какъ бы преддверіе къ Средней Азіи дюны развиваются сами по себѣ. На правомъ берегу Волги (въ Калмыцкой степи) пески встрѣчаются не во многихъ мѣстахъ, на лѣвомъ же берегу материковыя дюны занимаютъ обширныя пространства; здѣсь онѣ выступаютъ въ формѣ типичныхъ серповидныхъ холмовъ, называемыхъ „барханами„: послѣдніе особенно широкое распространеніе имѣютъ въ Туркестанскихъ степяхъ, которыя по своему характеру являются настоящими пустынями; о нихъ мы скажемъ въ слѣдующей главѣ.

Перев.

Большое геологическое значеніе имѣетъ дѣятельность вѣтра въ степныхъ мѣстностяхъ, обратившая на себя вниманіе, благодаря работамъ Рихтгофена, который показалъ, что именно этимъ путемъ образовались мощныя залежи лесса. Мы не можемъ входить подробнѣе въ разсмотрѣніе этого любопытнаго вопроса и вернемся къ нему во второй части. Что же касается разрушительнаго дѣйствія вѣтра, то мы отлагаемъ его разсмотрѣніе до слѣдующей главы: оно стоитъ въ такой близкой связи съ другими явленіями, происходящими въ пустыняхъ, что говорить о немъ особо не представляется возможнымъ.

Образованіе пустынь.

Главнѣйшія особенности пустынь опредѣляются не столько геологическими, сколько метеорологическими условіями. Всякая мѣстность, гдѣ господствуютъ сухіе вѣтры и гдѣ выпадаетъ мало атмосферныхъ осадковъ, превращается въ пустыню. Сахара обязана своею безжизненностью сѣвернымъ и сѣверо-восточнымъ вѣтрамъ, которые дуютъ съ Средиземнаго моря, но, проносясь надъ раскаленнымъ материкомъ, не могутъ спустить своихъ паровъ. Обширная среднеазіатская пустыня Гоби окружена высокими горами, на которыхъ и выпадаютъ всѣ атмосферные

осадки, приносимые сюда вѣтрами. Сахара, Аравійскій полуостровъ, большая часть Сиріи, Месопотаміи и Персіи представляютъ обширныя пустыни; значительныхъ размѣровъ достигаетъ также и пустыня Гоби, на ряду съ которой можно еще назвать Калахари въ южной Африкѣ, сѣверо-американскую пустыню къ востоку отъ Скалистыхъ горъ, Атакаму на границѣ Чили и Боливіи и, наконецъ, центральныя части Австраліи.

Въ Сахарѣ наиболѣе рѣзко выражены всѣ явленія, свойственныя пустынямъ, а потому мы и займемся теперь ея описаніемъ (см. рисунокъ на особомъ листкѣ— „Восточная Сахара"). Эта огромная пустыня простирается отъ Атлантическаго океана до Нила и отъ сѣверной границы Судана до Атласскихъ горъ и Средиземнаго моря; она занимаетъ площадь въ 160,000 квадр. миль и по своей величинѣ почти не уступаетъ Европѣ со всѣми ея островами. Долго господствовало ложное мнѣніе объ этой пустынѣ: думали, что она представляетъ ровную песчаную поверхность, прерываемую въ разныхъ мѣстахъ дюнами и постепенно падающую по направленію къ серединѣ, которая лежитъ значительно ниже уровня моря; полагая, что эту котлообразную впадину можно посредствомъ канала соединить съ океаномъ и сдѣлать ее внутреннимъ моремъ. Немало велось споровъ о томъ, какъ повліяло бы на прибрежныя области Средиземнаго моря и на климатъ всей Европы практическое осуществленіе этого проекта; нѣкоторые опасались даже наступленія новой ледниковой эпохи, которая явится слѣдствіемъ уничтоженія тѣхъ теплыхъ вѣтровъ, которые долетаютъ къ намъ изъ Сахары.

Но этотъ взглядъ оказался ошибочнымъ. Вѣтры пустыни не достигаютъ нашихъ областей и не доставляютъ намъ тепла, и Сахара не представляетъ собою котловины, которая могла бы заполниться водой; только небольшая ея часть къ югу отъ Туниса и въ окрестностяхъ оазиса Аммона лежитъ дѣйствительно ниже уровня моря.

На самомъ дѣлѣ Сахара обладаетъ далеко не однообразнымъ характеромъ; мощныя горы съ вершинами до 2,500 метр., каменистыя пустыни, равнины, покрытыя дюнами, котловины съ глинистою почвою, соляными озерами и болотами, цвѣтущіе оазисы,—все это смѣняетъ здѣсь другъ друга. Вмѣстѣ съ тѣмъ геологическое строеніе Сахары чрезвычайно просто: она состоитъ почти исключительно изъ горизонтальныхъ слоевъ осадочныхъ породъ, и только въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, именно въ возвышенныхъ областяхъ Ахаггара и Тибести, встрѣчаются изверженныя породы. Сахара представляетъ рядъ ступенчатыхъ равнинъ, подымающихся одна надъ другой: поверхность этихъ террасъ образована горизонтальными пластами и ихъ отвѣсные уступы—выходами слоистыхъ породъ; даже наиболѣе значительныя горы, насколько извѣстно, состоятъ изъ тѣсно сплоченныхъ террассовидныхъ выступовъ. Летучіе пески пустыни обладаютъ сравнительно недавнимъ происхожденіемъ: въ нѣкоторыхъ мѣстахъ они даже отсутствуютъ, въ другихъ же скопляются въ такомъ огромномъ количествѣ, что совершенно скрываютъ террассовидное строеніе пустыни. Одною изъ характерныхъ особенностей Сахары являются *каменистыя* пустыни, такъ называемыя „гаммада"; въ нихъ отчетливо видны главнѣйшія черты геологическаго строенія ея: на огромномъ протяженіи тянутся здѣсь горизонтальные пласты, образующіе совершенно ровную глинистую или каменистую почву; необозримо большая площадь лишена воды и всякой растительности; она покрыта каменными глыбами и обломками, которые иногда уступаютъ свое мѣсто многочисленнымъ мелкимъ камешкамъ, округлой,

всюду одинаковой формы; послѣдніе извѣстны подъ названіемъ „сериръ“. Цѣлыми днями приходится ѣхать путнику по однообразнымъ равнинамъ „гаммадъ„, пока наконецъ, онъ достигнетъ крутого прямолинейнаго обрыва; это — одна изъ террассъ; поднявшись на нее опять находишь ту же каменистую пустыню. Однообразіе равнинъ нарушается призматическими или „столовыми“ горами (Inselberge, Zeugen), которыя на языкѣ арабовъ называются „гура“ (см. рис. 345); отдѣльныя террассы не всегда выступаютъ неожиданно; иногда за нѣсколько миль передъ ними появляются цѣпи названныхъ горъ. Всѣ эти возвышенности подымаются на высоту, слѣдующаго за ними уступа, и прикрываются тою же породой, которая образуетъ его поверхность. Отсюда ясно, что каждая

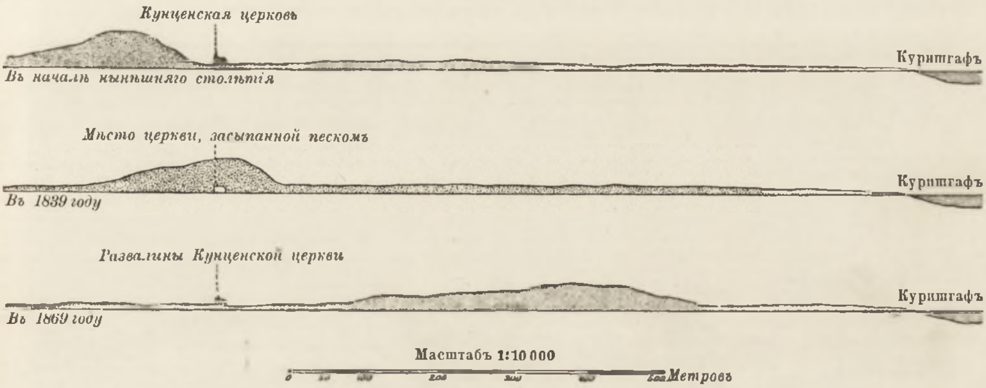


Рис. 342—344. Движеніе Дюнъ у деревни Купценъ на Куришъ-Нерунгѣ (по Берендту).

террасса стоитъ въ связи съ расположенными передъ нею призматическими горами: вмѣстѣ съ ними она представляла нѣкогда одинъ обширный и неразрывный уступъ (см. ниже).

Въ возвышенныхъ частяхъ Сахары каменистыя пустыни или „гаммада“ достигаютъ величественныхъ размѣровъ; огромныя террассы громоздятся другъ на другѣ и обладаютъ значительною высотою; въ нѣкоторыхъ мѣстахъ такія возвышенности орошаются обильными дождями, а зимою въ теченіе трехъ мѣсяцевъ остаются покрытыми снѣгомъ. Послѣ дождей въ глубокихъ долинахъ появляются бурные ручьи; они несутъ въ своихъ водахъ гальки и валуны, но, достигая равнины, просачиваются въ почву. Долины, орошаемыя такими ручьями, одѣваются богатою растительностью, склоны же горъ и ихъ плоскія вершины представляютъ голую, безжизненную пустыню.

Каменистыя пустыни или „гаммада“ связаны цѣлымъ рядомъ постепенныхъ переходовъ съ песчаными пустынями; послѣднія принадлежатъ къ числу самыхъ безжизненныхъ частей Сахары, по крайней мѣрѣ тамъ, гдѣ они достигаютъ полнаго развитія. Чистый желтоватый, кварцевый песокъ покрываетъ волнообразнымъ ковромъ всю почву; тутъ и тамъ выдвигаются изъ него неправильно расположенныя или параллельныя цѣпи песчаныхъ холмовъ. На всемъ огромномъ пространствѣ, которое только можно охватить взоромъ, разстилается безграничное песчаное море; среди него выступаютъ огромныя дюны, точно окаменѣлыя волны. Скучиваясь въ большомъ числѣ, эти песчаные холмы замыкаютъ глубокія котловины, окруженныя крутыми склонами, и безъ опытнаго проводника путешественникъ не можетъ выбраться изъ

ихъ лабиринта. *Въ Ливійской пустынѣ*, одной изъ самыхъ страшныхъ частей Сахары, дюны образуютъ настоящія цѣпи горъ, уже издали бросающіяся въ глаза ихъ желтою окраскою и многочисленными вершинами. Между ними простираются плоскія долины, иногда покрытыя пескомъ, иногда голымъ камнемъ (см. рис. 346).

„На разстояніи въ 1—2 км. поднимаются округлые холмы; съ одной стороны склоны ихъ пологи, съ другой — падаютъ круто. Въ поперечномъ сѣченіи сторона, обращенная къ вѣтру, поднимается медленно и постепенно, и во время бури ея поверхность приходитъ въ волнообразное движеніе; у вершины наклонъ усиливается, и холмъ оканчивается заостреннымъ гребнемъ. На противоположной сторонѣ склоны падаютъ такъ круто, что караванамъ приходится бродить цѣлые часы и дни, не находя дороги. Особенно страшна песчаная пустыня во время урагана. Черныя тучи

Рис. 345. Призматическія горы у Гуэльба эль Зерзура.

песку носятся тогда въ воздухѣ и затемняютъ свѣтъ. Дюны теряютъ свои очертанія, все приходитъ въ движеніе. Вихрь несетъ острыя зерна песку и ударяетъ ими во всѣ выступающіе предметы; пыль ослѣпляетъ глаза, жжетъ лицо и руки; путникъ, застигнутый бурей, ложится на землю и закутывается въ плащъ, думая этимъ спастись отъ неистоваго самума. Вѣтеръ поднимаетъ огромныя массы песку; нѣтъ никакого сомнѣнія, что и дюны обязаны ему своимъ происхожденіемъ. Каждая неровность почвы, каждый камень, даже скелетъ недавно павшаго верблюда и незначительный кустарникъ служатъ тѣмъ ядромъ, около котораго растетъ песчаный холмъ. Вѣтеръ нагоняетъ все новыя массы песку, зерна его поднимаются вверхъ, перекатываются черезъ гребень, и продольный размѣръ дюны увеличивается. Впрочемъ, для образованія новыхъ цѣпей нужны особенно благопріятныя условія, такъ какъ уже существующія дюны, постоянно увеличивая свой размѣръ, привлекаютъ къ себѣ огромныя массы песку. Съ теченіемъ времени можетъ измѣняться внѣшній видъ дюнъ; незначительныя среди нихъ даже могутъ перемѣнить свое мѣсто, но существенныя и глубокія измѣненія врядъ ли возможны. Всѣ наиболѣе значительныя группы песчаныхъ холмовъ, по крайней мѣрѣ, въ проѣзжей части Сахары, существуютъ съ незапамятныхъ временъ, и арабы отлично знаютъ ихъ мѣстоположеніе.

„Въ огромной Ливійской пустынѣ прекращается всякая растительная и животная

жизнь. Можно бродить цѣлыми днями, не встрѣчая даже тощаго кустарника, не слыша крика птицъ и жужжанія насѣкомыхъ. Впрочемъ, песчаныя пустыни нельзя считать безусловно неплодородными. Въ западной части Сахары, гдѣ два или три раза въ годъ выпадаютъ обильные дожди, почва, точно по мановенію волшебнаго жезла, одѣвается зеленою травою и цвѣтами; но проходитъ нѣсколько дней, и все снова погибаетъ подъ лучами знойнаго солнца. Иногда влага сохраняется на незначительной глубинѣ, и въ такихъ мѣстахъ развивается пышная растительность. Лучшіе оазисы сѣверо-западной Сахары лежатъ среди песчаной пустыни" (Циттель).

Рис. 346. Бабъ эль Кайліодъ въ Ливійской пустынѣ.

Говоря объ артезіанскихъ колодцахъ, мы уже указывали, что плодородіе оазисовъ существенно зависитъ отъ производительности ключей. Конечно, и въ Сахарѣ выпадаютъ дожди, но они случаются такъ рѣдко, и вода такъ быстро поглощается почвой, что, по крайней мѣрѣ, въ настоящее время не можетъ быть и рѣчи объ участіи ея въ разрушеніи породъ и образованіи рельефа. Главнѣйшимъ дѣятелемъ геологическихъ измѣненій являются сильныя колебанія температуры, наблюдаемыя при закатѣ и восходѣ солнца, когда знойный день смѣняется прохладною ночью или наоборотъ. Послѣ того такъ солнце скроется за горизонтомъ, въ нѣкоторыхъ наиболѣе возвышенныхъ мѣстахъ каменистой Сахары даже въ маѣ бываютъ морозы. Холодъ усиливается до самаго восхода солнца и почти вдругъ смѣняется палящимъ зноемъ; колебанія температуры въ тѣни достигаютъ въ теченіе сутокъ 45° Ц. Вслѣдствіе поперемѣннаго расширенія и сжатія горныя массы прорѣзываются множествомъ тончайшихъ трещинъ, и при увеличенія послѣднихъ, съ поверхности скалъ отдѣляются листоватые осколки. Легкій ударъ молотка заставляетъ эти разрыхленныя скорлупки

съ шумомъ падать на землю; въ гранитахъ онѣ достигаютъ 5—15, а въ известнякахъ 1 мм. въ толщину. Въ кремняхъ и другихъ родственныхъ имъ породахъ дѣйствіе расширенія и сжатія выражается образованіемъ радіальныхъ трещинъ и отдѣленіемъ круглыхъ или эллиптическихъ раковинообразныхъ осколковъ. Нѣкоторыя глыбы прорѣзаны цѣлою сѣтью трещинъ, и достаточно окололежащему песку нѣсколько перемѣнить свое положеніе, чтобы онѣ разсыпались. Если составныя части породы обладаютъ различною окраской, плотностью и удѣльною теплотою, то онѣ нагрѣваются солнцемъ неодинаково, слѣдствіемъ чего являются неравномѣрное расширеніе и сжатіе; при ежедневномъ повтореніи послѣдняго процесса порода совершенно разрыхляется и распадается. Такъ, напр., гранитъ состоитъ главнымъ образомъ изъ полевого шпата, кварца и слюды. Слюда отличается значительною упругостью и весьма совершенною спайностью; при непосредственномъ дѣйствіи летучихъ песковъ она раздробляется, растирается и уносится вѣтромъ. Полевой шпатъ обладаетъ большимъ постоянствомъ, но и онъ распадается на мелкіе осколки и, вывѣтриваясь, превращается въ глину. Кварцъ противустоитъ всѣмъ дѣятелямъ разрушенія и, выдѣленный изъ массы гранита, образуетъ песокъ; по мнѣнію Вальтера значительная часть песковъ Сахары произошла такимъ именно образомъ.

На ряду съ указаннымъ процессомъ дѣйствуетъ вывѣтриваніе, преимущественно въ тѣнистыхъ мѣстахъ, но роль его сравнитильно скромная. Всѣ разрыхленныя массы уносятся вѣтромъ и отлагаются вдали отъ мѣстъ первоначальнаго залеганія. „Въ пустынѣ нѣтъ такого уголка на который бы не распространялась дѣятельность вѣтра: онъ проникаетъ во всѣ трещины и пустоты, и извлекаетъ оттуда все, что успѣло разрыхлиться. Мы жители Европы, не можемъ составить себѣ никакого представленія о громадности этого процесса, являющагося въ пустынѣ главнымъ дѣятелемъ денудаціи.

„Прекраснымъ примѣромъ разрушительной дѣятельности вѣтра можетъ служить аравійское кладбище у Грума близъ Синая, гдѣ устроенъ карантинъ для пилигримовъ; отправляющихся въ Мекку; умершіе хоронятся около самыхъ домовъ небольшой деревушки. Нерѣдко можно здѣсь видѣть выдвигающіеся изъ своихъ могилъ трупы, завернутые въ бѣлыя ткани. Хотя арабы хоронятъ своихъ умершихъ не глубоко, то это явленіе все же показываетъ, что въ теченіе немногихъ лѣтъ сносится значительная толща солончаковой и глинистой почвы“ (Вальтеръ).

Однако, разрушительная дѣятельность вѣтра не ограничивается однимъ *развѣваніемъ*. Перенося огромныя массы песку, онъ стираетъ и сглаживаетъ поверхность скалъ, сообщая имъ матовую полировку. Совершенно такимъ же образомъ приготовляется въ техникѣ матовое стекло: для этого обыкновенная, стеклянная пластинка подвергается дѣйствію воздушной струи, которая несетъ мелкій шлифовальный порошокъ. Менѣе постоянныя части породъ легче поддаются дѣйствію песка, а потому поверхность скалъ и каменныхъ глыбъ покрывается пятнами, бороздами, округлыми углубленіями и даже пронизывается пустотами (см. рис. 347); при этомъ наиболѣе прочныя части выступаютъ далеко впередъ и, наконецъ, обрушиваются такимъ образомъ изнутри горныхъ породъ извлекаются кремнистыя окаменѣлости и, благодаря неодинаковой быстротѣ и легкости разрушенія наглядно выступаютъ всѣ различія твердости породъ. Такъ, напр., у Гизеха на груди и шеѣ знаменитаго сфинкса, который былъ выбитъ изъ каменной глыбы, найденной на мѣстѣ, видны діагональныя полосы; онѣ соотвѣтствуютъ тѣмъ частямъ породы, которыя, вслѣдствіе содержанія въ

нихъ желѣзныхъ солей, обладаютъ большею степенью твердости и постоянства (см. рис. 348).

Даже незначительныя гальки, усѣивающія почву каменистыхъ пустынь, которыя извѣстны подъ названіемъ серира, обтачиваются пескомъ и покрываются множествомъ мелкихъ штриховъ и бороздъ. При извѣстныхъ условіяхъ на нихъ вышлифовываются плоскія грани, и гальки превращаются въ такъ называемые „трехгранные камни", обладающіе характерною пирамидальною формою. Подобныя образованія уже давно были находимы въ песчаныхъ областяхъ сѣверо-германской равнины и вызывали

Рис. 347. Поверхность скалъ, измѣненная дѣйствіемъ летучихъ песковъ. (Съ фотографіи.)

немало различныхъ гипотезъ объ ихъ происхожденіи до тѣхъ поръ, пока не были открыты въ Сахарѣ такіе же камни, обточенные дѣйствіемъ вѣтра. Чрезвычайно наглядно описываетъ *Вальтеръ* образованіе трехгранныхъ камней. „Кому случалось проѣзжать по каменистому „сериру" во время сильнаго вѣтра, тотъ имѣлъ возможность наблюдать шлифующее дѣйствіе песка. Въ это время вся почва оживаетъ, всюду по поверхности камней ползутъ струи песка, извиваясь, точно змѣи, и глазъ скоро утомляется однообразіемъ этого движенія. Подобно мелководной рѣкѣ, песчаные потоки огибаютъ камни, иногда соединяясь вмѣстѣ, иногда развѣтвляясь на нѣсколько рукавовъ. Благодаря такому дробленію песчаныхъ струй, камни, лежащіе на ихъ пути, пріобрѣтаютъ двѣ отшлифованныхъ грани, изъ которыхъ каждая образована особымъ потокомъ. Постепенно увеличиваясь, эти грани встрѣчаются другъ съ другомъ и образуютъ ребро. Тамъ, гдѣ песчаныя струи имѣютъ болѣе или менѣе постоянное направленіе, гальки пріобрѣтаютъ рѣзко выраженныя ребра и грани; если же направленіе вѣтра мѣняется, то огранка выражается неясно, и отдѣльныя плоскости сливаются другъ съ другомъ".

Дѣятельность песка не можетъ быть отграничена отъ другихъ процессовъ развѣванія. Роль послѣдняго въ разрушеніи горныхъ породъ довольно значительна, какъ это можно между прочимъ видѣть по примѣру, описанному Жильбертомъ въ западныхъ частяхъ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ и представленному на рис. 349; здѣсь изображена огромная глыба конгломерата, низвергнувшаяся съ крутой скалы на поверхность мало прочнаго сланца. Послѣдній былъ разрушенъ дѣйствіемъ песка и вѣтра, и только сохранилась незначительная часть его, защищенная глыбой: такъ образовался естественный пьедесталъ, на которомъ и покоится огромный конгломератъ.

Рис. 348. Сфинксъ у Гизеха въ Египтѣ.

Процессы развѣванія имѣютъ широкое распространеніе въ Сахарѣ; не слѣдуетъ ли приписать ихъ дѣйствію всѣ своеобразныя и сложныя формы наблюдаемаго здѣсь рельефа? Присутствіе огромныхъ массъ летучаго песку, террасы, множество призматическихъ или столовыхъ горъ, глинистыя котловины, многочисленныя сухія долины,— все это явленія, свидѣтельствующія о громадныхъ размѣрахъ происходившаго здѣсь разрушенія (эрозіи); можно думать, что всѣ своеобразныя формы пустыни образовались въ теченіе долгихъ геологическихъ промежутковъ, благодаря только дѣйствію вѣтра, безъ всякаго участія текучей воды. Недавно былъ распространенъ предразсудокъ, будто дюны составляютъ особенность морскихъ береговъ; съ другой стороны зоогеографическія соображенія заставляли считать Сахару дномъ высохшаго моря; такъ какъ вся эта пустыня образована морскими известняками, мергелями и песчаниками, то нельзя сомнѣваться, что она была нѣкогда скрыта подъ волнами океана. Но самыя новѣйшія изъ твердыхъ образованій, принимающихъ участіе въ строеніи террасъ, относятся только къ первой половинѣ третичнаго періода. Является вопросъ: какая судьба по-

стигла Сахару въ концѣ этого періода и въ ледниковую эпоху; не слѣдуетъ ли предположить, что она опять была залита моремъ, которое и оставило здѣсь песокъ и солончаковую почву?

По мѣрѣ постепеннаго изученія Сахары, неправильность этого взгляда все болѣе и болѣе обнаруживалась. Область, расположенная къ югу отъ Туниса и спускающаяся на 24 м. ниже уровня океана, въ ледниковую эпоху, не одинъ разъ заливалась моремъ, но послѣднее никогда не распространялось на протяженіи всей пустыни. Внутри Сахары нигдѣ не было найдено морскихъ верхне-третичныхъ или дилювіальныхъ осадковъ и окаменѣлостей; какъ мы увидимъ ниже, присутствіе соли составляетъ особенность всѣхъ областей, лишенныхъ стока, а песокъ является безъ сомнѣнія продуктомъ самой пустыни: онъ образовался вслѣдствіе разрушенія широко распространенныхъ песчаниковъ мѣловой и девонской системъ, гранита и др. породъ; сюда же присоединились развѣянные вѣтромъ дилювіальные пески сухихъ долинъ, о которыхъ рѣчь будетъ ниже.

Рис. 349. Глыба конгломерата, лежащая на естественномъ пьедесталѣ. (По Жильберту.)

Двѣ другихъ характерныхъ особенности Сахары — террасы и призматическія горы — могутъ быть удовлетворительно объяснены описанными процессами разрушенія. Если каменистая гаммада состоитъ изъ горизонтально расположенныхъ пластовъ не одинаковой прочности, напр., изъ мергелистыхъ сланцевъ и известняковъ, то вѣтеръ размельчаетъ и уноситъ легко разрушающіяся породы, и на поверхности каменистой пустыни остаются пласты болѣе прочныхъ образованій. Послѣ этого дѣятельность вѣтра ограничивается крутыми обрывами террассъ, гдѣ постепенно разрушается и развѣвается слѣдующій мягкій слой; образующійся такимъ путемъ жолобъ углубляется все дальше, и вышележащая порода, лишаясь опоры, обрушивается. Въ разныхъ мѣстахъ уступа этотъ процессъ долженъ идти неравномѣрно, вслѣдствіе чего образуются болѣе или менѣе значительныя вырѣзки или бухты. Съ теченіемъ времени послѣдніе пріобрѣтаютъ форму обширныхъ полукруглыхъ котловинъ, края которыхъ все болѣе изрѣзываются и развѣтвляются, и наконецъ, отдѣляются отъ террассы значительныя скалы,

выступающія въ видѣ одинокихъ столовыхъ горъ. Послѣднія представляютъ вѣтру менѣе сопротивленія, чѣмъ сплошныя террассы, и быстро разрушаются; взамѣнъ ихъ появляются новыя горы, и край террассы отодвигается все дальше. Процессъ заканчивается полнымъ разрушеніемъ извѣстной системы слоевъ, послѣ чего образованіе столовыхъ горъ начинается снова.

Упавшіе внизъ обломки слабо поддаются дальнѣйшему разрушенію и въ свою очередь защищаютъ прикрытыя ими породы. Въ этомъ случаѣ дѣйствіе вѣтра усиливается, хотя и не частыми, но весьма сильными дождями; вода уноситъ однимъ разомъ всѣ обломки, которые въ теченіе многихъ лѣтъ скоплялись у подножія террассъ и пирамидальныхъ горъ. Такимъ образомъ даже въ пустынѣ вода является важнымъ дѣятелемъ разрушенія. Отсюда можно было бы думать, что и въ образованіи призматическихъ горъ она принимаетъ существенное участіе; но если бы такая догадка была правильна, то крутые обрывы террассъ прорѣзывались бы многочисленными и мелкими долинками; появленіе же широкихъ бухтъ было бы немыслимо, такъ какъ вода направляетъ свою размывающую дѣятельность въ глубину и образуетъ борозды, а не котловины. Съ другой стороны разбросанность призматическихъ горъ, которыя тянутся иногда на протяженіи цѣлыхъ миль, не согласуется съ такимъ происхожденіемъ ихъ. Всѣ затрудненія падаютъ сами собой, если мы остановимся на вышеприведенномъ объясненіи и припишемъ происхожденіе столовыхъ горъ дѣйствію вѣтра, который, какъ показываютъ наблюденія, является въ пустынѣ важнѣйшимъ дѣятелемъ разрушенія.

Наоборотъ,—другое своеобразное явленіе пустынь—сухія долины или „вади“ не могутъ быть объяснены дѣйствіемъ вѣтра. Наиболѣе характернымъ примѣромъ этихъ многочисленныхъ образованій можетъ служить прославленный въ сказаніяхъ и легендахъ вади Ирхархаръ: въ этой огромной долинѣ, простирающейся отъ Ахаггарскихъ горъ до озерной области къ югу отъ Туниса и достигающей 200 миль въ длину, собираются воды изъ отдаленныхъ возвышенностей; вступая въ долину, онѣ скоро теряются въ почвѣ и только въ дождливое время сохраняются на поверхности немного дольше; эта вода можетъ быть добыта уже при неглубокомъ буреніи, и въ этой именно области французы устраиваютъ артезіанскіе колодцы, благодаря которымъ пустыня превращается въ цвѣтущіе сады (см. стр. 462). Въ давнее время на всемъ протяженіи этой долины протекала огромная рѣка; она прорыла себѣ ложе, достигавшее въ нѣкоторыхъ мѣстахъ значительной ширины, и несла въ низменность обильныя массы песку и щебня. Въ вади Ирхархарѣ, равно какъ и въ другихъ сухихъ долинахъ, ясно видны террассы, образованныя пескомъ и другимъ обломочнымъ матеріаломъ: это-то и не позволяетъ приписать ихъ дѣйствію случайныхъ дождей. Хотя въ связи съ нѣкоторыми „вади“ находятся обширныя полукруглыя котловины, но это показываетъ только, что развѣваніе наложило лишь извѣстный отпечатокъ на форму сухихъ долинъ, которыя первоначально должны были образоваться дѣйствіемъ большой и постоянной рѣки. Это заставляетъ допустить, что въ прежнее время Сахара обладала болѣе *влажнымъ* климатомъ; въ образованіи ея рельефа видное участіе принимали проточныя воды.

На ряду съ существованіемъ сухихъ долинъ можно привести цѣлый рядъ другихъ фактовъ, которые подтверждаютъ это предположеніе. По свидѣтельству отважнаго путешественника Бари въ болотахъ Ахаггарскихъ горъ водятся крокодилы; они представляютъ остатокъ многочисленныхъ пресмыкающихся минувшаго

времени. Мѣстами находятся породы съ слѣдами дождевыхъ капель и отложенія новѣйшихъ известковыхъ натековъ; у Казра Дахеля, въ Ливійской пустынѣ, въ одномъ изъ такихъ образованій Циттель нашелъ листъ вѣчнозеленаго дуба, который нынѣ отсутствуетъ на всемъ протяженіи пустыни и имѣетъ широкое распространеніе въ лѣсистыхъ областяхъ Средиземнаго моря. Первобытные рисунки, выбитые на камнѣ и найденные въ западныхъ частяхъ Сахары и въ Атласѣ, изображаютъ быковъ, слоновъ, жираффовъ и страусовъ, которые въ настоящее время не водятся въ этихъ мѣстахъ. Отсюда видно, что человѣкъ былъ современникомъ цвѣтущей Сахары: объ этомъ также свидѣтельствуютъ каменныя стрѣлы и орудія, найденныя у Огла-эль Хасси въ Алжирской Сахарѣ подъ слоемъ известковаго туфа, который досгигаетъ 0,6 метр. мощностью и представляетъ осадки нынѣ исчезнувшаго ключа.

Обширныя изслѣдованія, произведенныя французами съ цѣлью сооруженія въ Сахарѣ желѣзной дороги, привели къ открытію осадочныхъ породъ, которыя образовались въ тотъ періодъ, когда эта пустыня орошалась обильными дождями. Къ югу отъ Атласскихъ горъ, въ алжирско-тунисской Сахарѣ, въ вади Ирхархаръ лежитъ плоская котловина, образованная известняковыми породами средне и верхне-мѣловой эпохъ; эта котловина заполнена песками, рыхлыми песчаниками, конгломератами и глинами конца третичнаго періода и ледниковой эпохи. Мѣловымъ образованіямъ соотвѣтствуютъ на поверхности каменистыя „гаммады“, а третичнымъ и диллювіальнымъ отложеніямъ — низменности, богатыя подземными водами и покрытыя большими соляными озерами, которыя не имѣютъ стоковъ и время отъ времени пересыхаютъ. Въ концѣ третичнаго періода и въ началѣ ледниковой эпохи здѣсь существовали огромнѣйшія озера, отложившія пласты до 300 метр. мощностью и обладавшія богатой прѣсноводной фауной. Окололежащія породы доставляли ихъ водамъ извѣстное количество соли, и современныя озера, содержащія въ растворѣ гипсъ и соль, представляютъ лишь жалкіе остатки этого огромнаго водоема. Образованіе сухихъ долинъ, которыя прорѣзываютъ отчасти верхнетретичныя образованія, относится къ началу ледниковой эпохи; въ это время отложились валунныя образованія и пески сухихъ долинъ и выдвинулись террассы (напр. у Бискра), подымающіяся на 40—50 метр. надъ окрестною равнины. Для образованія такихъ огромныхъ террассъ необходимо было присутствіе постоянной рѣки; нахожденіе же ископаемыхъ прѣсноводныхъ раковинъ въ отложеніяхъ сухихъ долинъ Эль-Голеа заставляетъ думать, что эта мѣстность въ ближайшія къ намъ геологическія эпохи прорѣзывалась потокомъ прѣсной воды. Находимыя здѣсь раковины обнаруживаютъ полное сходство съ тѣми видами, которые и теперь живутъ въ европейскихъ и африканскихъ прибрежныхъ областяхъ Средиземнаго моря.

На основаніи изслѣдованій, произведенныхъ въ западной Сахарѣ, французскіе ученые пришли къ выводу, что наиболѣе обильное выпаденіе атмосферныхъ осадковъ относится къ концу третичнаго періода, а не къ ледниковой эпохѣ, какъ думали до сихъ поръ. Съ другой стороны, эти изслѣдователи думаютъ, что превращеніе Сахары въ пустыню произошло весьма недавно: какъ показываютъ вышеприведенные факты, этотъ переворотъ можно отнести къ историческому времени, даже къ эпохѣ римскаго владычества и началу христіанской эры; впрочемъ, рѣшительныхъ доводовъ въ пользу такого заключенія мы не имѣемъ: исчезновеніе

значительныхъ мѣстечекъ и городовъ, процвѣтавшихъ во времена египетскихъ фараоновъ, кареагенянъ и римскихъ царей, нельзя считать слѣдствіемъ климатическихъ измѣненій: оно весьма просто объясняется быстрымъ паденіемъ культуры въ этихъ странахъ. Во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что характеръ настоящей пустыни Сахара пріобрѣла послѣ ледниковой эпохи и что образованіе сухихъ долинъ должно быть приписано дѣйствію текучихъ водъ.

Пустыня представляетъ еще нѣсколько второстепенныхъ особенностей, корыя не всегда могутъ быть объяснены. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ почва состоитъ исключительно изъ кремневыхъ галекъ и окаменѣлостей; это на первый взглядъ непонятное явленіе легко объясняется большимъ постоянствомъ кремнеземистыхъ массъ, которыя не поддаются дѣйствію солнца, вѣтра и летучихъ песковъ: въ то время, какъ весь другой матеріалъ разрушается и уносится, они остаются на мѣстѣ. Другое явленіе, нерѣдко наблюдаемое въ пустынѣ, остается пока загадочнымъ: мы говоримъ о твердой чернобурой корѣ, которая облекаетъ почти всѣ камни пустыни и состоитъ изъ бураго желѣзняка, содержащаго марганецъ. Темная окраска этой коры до того поразительна, что неопытные путешественники считаютъ покрытые ею камни базальтами. Тамъ, гдѣ эта оболочка отваливается, тотчасъ же начинается быстрое разрушеніе, и въ скалахъ появляются пустоты: иногда образуются такимъ образомъ настоящія колоннады. Если порода прикрыта упомянутою корой только сверху, то вслѣдствіе разрушенія ея съ боковъ получаются скалы съ своеобразною формою грибовъ. Подробности этого процесса еще не изучены, и такимъ образомъ нѣкоторыя изъ явленій, происходящихъ въ пустынѣ, остаются не объясненными.

Въ зауральскихъ киргизскихъ степяхъ и еще болѣе въ Туркестанѣ мы находимъ климатическія условія, благопріятныя для дѣятельности вѣтра. Туркестанъ уже входитъ въ поясъ великихъ пустынь, который широкой полосой протягивается черезъ весь материкъ Стараго Свѣта отъ западныхъ береговъ Африки до Манджуріи. Немногочисленное населеніе степи ютится въ культурной полосѣ ея, сосредоточивающейся главнымъ образомъ на берегахъ рѣкъ; значительная же часть Туркестана представляетъ огромное пустынное море съ окаменѣвшими желтыми волнами. Въ однихъ мѣстахъ пески совершенно обнажены и лишены всякихъ слѣдовъ жизни: въ воздухѣ ни птицы, на землѣ ни растеній, ни насѣкомаго, только кое-гдѣ бѣлѣютъ кости людей и животныхъ, собранныя прохожими въ груду; въ другихъ мѣстахъ появляется среди песковъ небогатая и однообразная растительность, состоящая изъ саксаула, кызылъ-джузгана, песчанаго камыша, гребенщика, различныхъ колючекъ и пр. Въ туркестанскихъ степяхъ мы находимъ всѣ особенности, свойственныя большимъ пустынямъ: тѣ же обширные пески и такія же скопленія галекъ и камней на большихъ площадяхъ, составляющихъ каменистыя пустыни, мѣстами таже солончаковая почва, „сухія долины", промытыя исчезнувшей рѣкой („узбой") и наконецъ, характерныя призматическія горы, каковы, напр., горы Устыкъ на Аму-Дарьѣ. Благодаря проведенію желѣзной дороги, которая на протяженіи многихъ верстъ прорѣзала степи Туркестана, изученіе летучихъ песковъ стало настоятельно необходимымъ; въ послѣднее время многіе изслѣдователи посвятили свои труды этой мѣстности и выяснили цѣлый рядъ любопытныхъ особенностей ея Мы остановимъ наше вниманіе главнымъ образомъ на летучихъ пескахъ Туркестана.

Песокъ пустынь, развѣваемый и разносимый вѣтромъ, образуетъ такія же скопленія, какъ и на берегахъ рѣкъ и морей. Однако благодаря иному орогидрографическому характеру поверхности, формы ихъ гораздо разнообразнѣе. Наиболѣе типичны серповидные холмы, извѣстные подъ именемъ *„бархановъ"* и очень рѣдко встрѣчаемые среди приморскихъ и рѣчныхъ дюнъ: они имѣютъ на подвѣтренномъ склонѣ выемку большей или меньшей величины и заканчиваются съ боковъ вытянутыми назадъ рогами. При сильномъ вѣтрѣ барханы будто оживаютъ. Вершины ихъ дымятся, испуская струи песку, рога удлиняются, растутъ, и барханъ медленно ползетъ по направленію вѣтра. Быстрота перемѣщенія одинокихъ бархановъ достигаетъ 20 метр. въ сутки (Коншинъ). При перемѣнѣ направленія вѣтра барханъ преобразовывается; прежніе его рога сдуваются и исчезаютъ, а новые вырастаютъ съ другой стороны.

Всѣ изслѣдователи Закаспійской низменности указываютъ, что подвижные пески степей постепенно зарастаютъ травами и кустарникомъ и послѣ этого останавливаются,

какъ бы замираютъ. Первая стадія ихъ закрѣпленія выражается потерею типичной серповидной формы и уменьшеніемъ подвижности, барханы превращаются въ *„бугристые пески“*. оФрма бугровъ неправильна, но всѣ склоны ихъ пологи, и характерное различіе между навѣтренною и подвѣтренною стороною исчезаетъ. Отдѣльные бугры обладаютъ формой небольшого кургана, но чаще они сливаются по два или по три вмѣстѣ и образуютъ гряду съ округленными вершинами. Мѣстами поверхность бугровъ обнажена, и на вершинахъ ихъ видны характерные барханы, выросшіе около какой-нибудь преграды, напр., куста. Бугры отдѣлены другъ отъ друга котловинами разной величины, иногда совершенно голыми, иногда поросшими травой.

Вслѣдствіе постепеннаго зарастанія бугровъ вѣтеръ находитъ все меньше матеріала, при помощи котораго онъ могъ бы повышать ихъ. Его дѣятельность ограничивается вершинами, и сдуваемый отсюда песокъ слетаетъ въ котловины. Такимъ образомъ бугристые пески постепенно выравниваются, сглаживаются и превращаются въ *„песчаную степь“*, которая представляетъ слабо холмистую равнину съ незначительными впадинами и выступами. Поверхность песчаной степи покрывается травянистою и кустарною растительностью и ранней весной представляетъ необозримый зеленый лугъ; но какъ только почва, насыщенная влагою дождей, просохнетъ подъ жгучими лучами апрѣльскаго солнца, травянистая растительность погибаетъ, и лѣтомъ степь представляетъ желтѣющую ниву съ зелеными пятнами кустовъ; наконецъ, съ половины осени погибаетъ кустарникъ, и степь превращается опять въ мертвую пустыню.

Нарушителемъ постепеннаго закрѣпленія песковъ является самъ человѣкъ: кусты саксаула идутъ на топливо, стада овецъ поѣдаютъ траву, верблюды уничтожаютъ колючки и полынь, и пески обнажаются. „Подъѣжая къ auламъ“, говоритъ Обручевъ, „я повсюду замѣчалъ значительную оголенность окрестныхъ песчаныхъ грядъ, обиліе бархановъ на ихъ склонахъ и гребняхъ, отсутствіе сплошныхъ лужаекъ и кустовъ. Кромѣ того, огромный вредъ приносятъ норы сусликовъ: онѣ видны на каждомъ холмѣ, а нѣкоторыя котловины такъ изрыты ими, что похожи на рѣшето. Выбрасывая разрыхленный песокъ и засыпая имъ траву, суслики возобновляютъ запасы летучаго матеріала. Кромѣ того, подкопанные бугры сами приходятъ въ движеніе, склоны ихъ начинаютъ осыпаться, и обнаженный песокъ разносится вѣтромъ; скоро весь бугоръ превращается въ подвижный барханъ и переходитъ въ другое мѣсто“.

Иное наблюдается въ обширныхъ пустыняхъ восточнаго Туркестана. Тамъ закрѣпленіе песковъ невозможно вслѣдствіе климатическихъ условій, слишкомъ неблагопріятныхъ для развитія растительности; одинокіе барханы здѣсь постепенно увеличиваются, соединяются другъ съ другомъ и образуютъ длинныя цѣпи песчаныхъ холмовъ, совершенно сходныя съ тѣми, которыя мы наблюдаемъ въ Сахарѣ. Такимъ образомъ возникаютъ *„грядовые пески“*, которые тянутся въ видѣ правильныхъ валовъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга ложбинами. Такія же цѣпи мѣстами встрѣчаются и въ Закаспійской низменности. Обручевъ приписывалъ имъ морское происхожденіе и считалъ ихъ дюнами въ собственномъ смыслѣ слова. Но, какъ справедливо замѣчаетъ г. Соколовъ, между барханами и дюнами нѣтъ и не можетъ существовать кореннаго различія, а потому причину появленія песчаныхъ грядъ и здѣсь слѣдуетъ искать въ условіяхъ, препятствующихъ развитію растительности.

Подобно одинокимъ барханамъ, грядовые пески также обладаютъ поступательнымъ движеніемъ. Всѣ путешественники и изслѣдователи, посѣщавшіе правый берегъ Аму-Дарьи, свидѣтельствуютъ о приближеніи песковъ къ культурной полосѣ, окаймляющей рѣку. То же замѣчается и въ сѣверной части Бухарскаго ханства; культурныя поля его съ каждымъ годомъ все болѣе и болѣе заносятся пескомъ, надвигающимся съ сѣвера и сѣверо-востока. Г. Каракуль, знаменитый своими мерлушками и еще лѣтъ 80 тому назадъ чрезвычайно богатый, нынѣ представляетъ жалкую полузасыпанную деревню; среди бархановъ до 50 фут. высотою видны остатки старыхъ построекъ, засохшихъ деревьевъ и т. п. Подобно Каракулю засыпанъ городъ Варданзи, а въ округѣ Ромитанъ опустошеніе такъ велико, что съ 1868 года отсюда выселилось около 16,000 жителей, бросившихъ свои поля и дома. Сухость воздуха, сильныя жары, господство сѣверо-восточныхъ вѣтровъ, недостатокъ воды и обиліе разрыхленныхъ третичныхъ песчаниковъ являются причинами угрожающаго развитія песковъ и движенія ихъ къ Бухарѣ. По наблюденіямъ Гельмана, оно совершается со скоростью 2 метр. въ годъ или 2 килом. въ 1000 лѣтъ. Такое же наступаніе грядовыхъ песковъ замѣчается и въ Ахалъ-текинскомъ оазисѣ, доказательствомъ чего служатъ многочисленные колодцы, развалины крѣпостей и древніе курганы, окруженные теперь песками, но построенные нѣкогда на культурной полосѣ. Движеніе песковъ имѣетъ вездѣ одно и то же направленіе, такъ какъ оно вызывается дѣйствіемъ господствующихъ сѣверныхъ и сѣверо-восточныхъ вѣтровъ

Въ тѣхъ частяхъ центрально-азіатскихъ степей, гдѣ дуютъ различные вѣтры, подвижность песковъ становится слишкомъ незначительной или даже совсѣмъ исчезаетъ Такъ, напр., въ южной части Кашгара замѣчается только слабое движеніе гребней то въ ту, то въ другую сторону, главная же масса грядъ остается на мѣстѣ. (Богдановичъ.)

Что касается происхожденія Туркестанскихъ песковъ, то рѣшить этотъ вопросъ въ каждомъ данномъ случаѣ представляется дѣломъ далеко не легкимъ. Нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что многія дюны образовались изъ песковъ Аральскаго моря; другія ве-

дутъ свое происхожденіе отъ наносовъ рѣкъ и, наконецъ, третьи слагаются изъ матеріала, который получается на мѣстѣ вслѣдствіе разрушенія горныхъ породъ, особенно третичныхъ песчаниковъ. Иногда цвѣтъ дюны позволяетъ опредѣлить происхожденіе песка; такъ, по свидѣтельству Мушкетова, барханы, образовавшіеся изъ эолическихъ песковъ, отличаются красноватою окраской, дюны морского происхожденія обладаютъ бѣлымъ цвѣтомъ и рѣчныя — сѣро-стальнымъ. Во многихъ случаяхъ вѣтеръ, безъ сомнѣнія, пользуется различными источниками и смѣшиваетъ вмѣстѣ разнородный матеріалъ. Весьма вѣроятно также, что наносъ песка производится не только постоянными рѣками, но также и тѣми потоками, которые временно являются во время сильныхъ дождей.

Въ строеніи и составѣ баргановъ замѣчаются нѣкоторыя особенности, которыя отличаютъ ихъ отъ прибрежныхъ дюнъ. Какъ видно изъ сказаннаго, песокъ ихъ обладаетъ разнообразнымъ составомъ, что даже влечетъ за собою появленіе своеобразной окраски. Слоистость бархановъ мало изучена, но, повидимому, она такова же, какъ и въ морскихъ дюнахъ, съ тѣмъ отличіемъ, что слои перегноя или совсѣмъ не попадаются, или же встрѣчаются рѣдко и въ незначительномъ развитіи. Вмѣсто нихъ существуютъ тонкія прослойки лессовидной глины; онѣ образуются на счетъ той атмосферной пыли, которая въ огромномъ количествѣ находится въ воздухѣ пустынь. *Перев.*

Общее дѣйствіе разрушительныхъ силъ.

Количество веществъ, растворяемыхъ и уносимыхъ водой, громадно. Масса солей, доставляемыхъ ежегодно рѣками и ручьями въ моря и озера, не поддается непосредственному опредѣленію, но мы можемъ составить нѣкоторое представленіе о размѣрахъ процесса, наблюдая результаты, къ которымъ оно приводитъ въ теченіе долгихъ періодовъ. Всѣ соли, растворенныя въ морской водѣ,—въ общемъ около 900 милліардовъ центнеровъ,—а также соли, содержащіяся въ внутреннихъ озерахъ, принесены ручьями и рѣками; отсюда же ведутъ свое происхожденіе всѣ залежи каменной соли и гипса и даже большинство известняковъ и доломитовъ: текучія воды выщелачивали эти вещества изъ твердаго остова земли и уносили ихъ въ море, гдѣ они отлагались непосредственно или при участіи извѣстныхъ животныхъ и растеній. Но всѣ эти громаднѣйшіе процессы химическаго разрушенія слишкомъ скромны въ сравненіи съ тѣмъ, что вода разрушаетъ, уноситъ и отлагаетъ чисто механическимъ путемъ. Поскольку въ составѣ земной коры преобладаютъ кристаллическіе и глинистые сланцы, кварциты, песчаники, глины и всѣ обломочныя породы надъ известняками, доломитами, каменною солью, гипсомъ и родственными имъ образованіями, постольку же механическое разрушеніе превосходитъ химическое. Но это еще не даетъ представленія объ общемъ дѣйствіи всѣхъ силъ, сглаживающихъ неровности земной коры („денудаціонныхъ" силъ). Высказывалось мнѣніе, что мѣрою общаго разрушенія можетъ служить масса слоистыхъ породъ, образовавшихся за все время существованія земли. Но не трудно убѣдиться, что такой пріемъ измѣренія совершенно неправиленъ. Современныя рѣки извлекаютъ свой илъ, песокъ, валунныя образованія и химически растворенныя вещества также изъ осадочныхъ породъ; слѣдовательно, онѣ несутъ матеріалы, подвергающіеся разрушенію далеко не первый разъ. Отсюда ясно, что вся масса слоистыхъ породъ не опредѣляетъ даже и половины того разрушенія, которое происходило въ теченіе всей прошлой исторіи земли.

Дѣлались попытки опредѣлить *размѣры разрушенія* въ данный промежутокъ времени и по полученнымъ даннымъ опредѣлить абсолютно то время, которое было необходимо для образованія всѣхъ осадочныхъ породъ. Но въ настоящую минуту такимъ вычисленіямъ нельзя придавать большого значенія. Такъ, напр., измѣряли количество воды, изливаемой въ море нѣкоторыми рѣками, и общую массу твердыхъ

частей, переносимыхъ ими. По этимъ двумъ даннымъ можно вычислить сколько твердаго матеріала извлекаетъ рѣка ежегодно въ питающей ее области; и, наконецъ, зная размѣры послѣдней, можно опредѣлить, на сколько она понижается въ теченіе года. Къ сожалѣнію цифры, полученныя этимъ путемъ, обладаютъ далеко не идеальною точностью. Наблюденія, лежащія въ основѣ подобныхъ вычисленій, ограничиваются незначительными промежутками времени, между тѣмъ какъ количество твердыхъ частей, переносимыхъ рѣкою, мѣняется не только въ теченіе болѣе или менѣе значительныхъ промежутковъ времени, но даже въ теченіе одного года; перенося

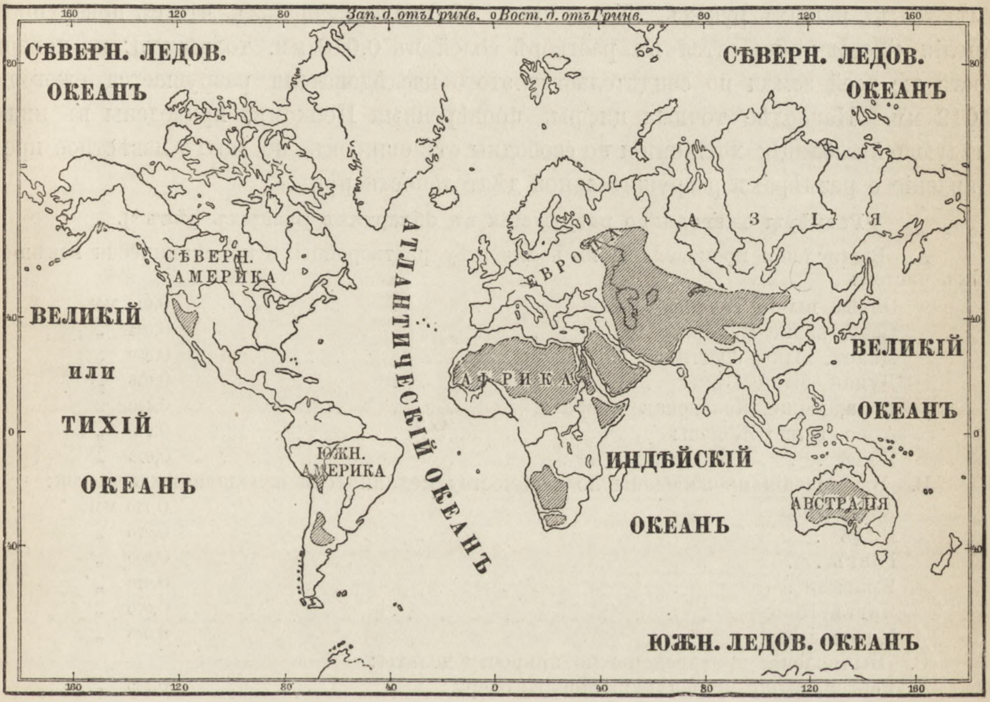


Рис 350. Области, лишенныя стоковъ къ морю.

результаты кратковременныхъ наблюденій на весь годъ и даже на цѣлые ряды годовъ, нельзя избѣжать крупной ошибки. Колебанія въ количествѣ переносимаго рѣкой матеріала весьма значительны; такъ, напр., по свидѣтельству Пенка въ сырые 1870 и 1871 года Дунай перенесъ въ 9—13 разъ больше ила, чѣмъ въ сухіе 1863 и 1865 гг. Такимъ образомъ непосредственныя измѣренія должны были бы вестись непрерывно въ теченіе многихъ лѣтъ; но ни одно изъ имѣющихся изслѣдованій не удовлетворяетъ этому требованію. Кромѣ того не исключены и другія ошибки: рѣка переноситъ продукты ея разрушительной дѣятельности тремя способами, — передвигаетъ ихъ по дну, увлекаетъ въ механически взвѣшенномъ состояніи и наконецъ растворяетъ ихъ; при всѣхъ до сихъ поръ произведенныхъ вычисленіяхъ принимались въ разсчетъ только два послѣдніе способа переноса, или даже одинъ изъ нихъ. Нѣкоторые изслѣдователи находили количество механически взвѣшенныхъ и растворенныхъ веществъ, но не опредѣляли общей массы воды, изливаемой рѣкою въ море; о количествѣ послѣдней приходится заключать по массѣ атмосферныхъ осадковъ, еже-

годно выпадающихъ въ данной мѣстности, а это влечетъ за собою цѣлый рядъ ошибокъ. Недостатокъ данныхъ о предвиженіи твердыхъ частей по дну ложа имѣетъ мало значенія при изслѣдованіи большихъ рѣкъ, такъ какъ эта форма переноса у нихъ отсутствуетъ; наоборотъ, маленькія рѣки передвигаютъ по дну значительныя массы обломковъ; но опредѣлить ихъ количество удалось-бы только въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ; въ видѣ примѣра можно указать рѣки Кандеръ и Рейссу; приростъ ихъ дельтъ въ Тунскомъ и Фирвальдштетскомъ озерѣ нетрудно измѣрить.

Несмотря на вышесказанное, не лишены интереса и тѣ данныя, которыя теперь имѣются въ нашихъ рукахъ. Такъ, напр., М. Реаде вычислилъ, что съ поверхности Англіи ежегодно уносится въ растворѣ солей въ 0,018 мм. толщиною; на поверхности же всей земли по свидѣтельству этого изслѣдователя разрушается ежегодно 0,012 мм. Наиболѣе точныя цифры, провѣренныя Пенкомъ, приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ; хотя онѣ и не свободны отъ ошибокъ, но даютъ извѣстное представленіе о размѣрахъ разрушительной дѣятельности рѣкъ.

Размѣры ежегоднаго разрушенія въ областяхъ разныхъ рѣкъ *).

A. Вычисленія произведены по количеству растворенныхъ и механически взвѣшенныхъ частей:

Эльба, выше Течена	0,012 мм.
Сена, выше Парижа	0,024 „
Маасъ, выше Люттиха	0,050 „
Дунай, выше Вѣны	0,056 „
Рона, выше Женевскаго озера	0,440 „
Арва, выше Женевы	0,210 „
Нилъ	0,013 „

B. Вычисленія произведены по количеству механически взвѣшенныхъ частей:

Аму-Дарья	0,120 мм.
Индъ	0,270 „
Гангъ	0,300 „
Иравади	0,310 „
Янгтзе-Кіангъ	0,070 „
Миссисипи	0,045 „

C. Вычисленія произведены по приросту дельты:

Рейсса, выше Фирвальдштетскаго озера	0,180 „
Кандеръ, выше Тунскаго озера	0,280 „

Изъ сопоставленія этихъ цифръ вытекаетъ цѣлый рядъ любопытныхъ слѣдствій; вліяніе наклона ложа и высоты размываемой области обнаруживается въ значительной величинѣ цифръ, относящихся къ альпійскимъ рѣкамъ Ронѣ и Арвѣ, въ средней величинѣ размывающей дѣятельности Дуная, который образуетъ стокъ для Альпъ и смежныхъ съ нимъ странъ, и, наконецъ, въ слабой дѣятельности Эльбы и Сены, протекающихъ по равнинѣ. Количество твердыхъ частей, переносимыхъ рр. Кандеромъ и Рейссой, опредѣлено по приросту ихъ дельтъ; если же сюда присоединить массы, переносимыя въ механически взвѣшенномъ состояніи и въ растворѣ, то по разсчетамъ Брюкнера вышеприведенная цифра возрастетъ до 0,5 мм.; такимъ образомъ Кандеръ и Рейсса, берущія начало въ высокихъ горахъ, достигаютъ предѣльной гра-

*) Приведемъ здѣсь нѣкоторыя цифры, касающіяся нашихъ рѣкъ: Аму-Дарья въ теченіи года приноситъ 44,354,000,000 куб. метр. твердыхъ частей (Дорандтъ), что могло бы образовать призму въ 1 кв. килм. въ основаніи и высотою въ 45 метр. Въ р. Кубани одинъ только рукавъ Переволока проноситъ въ годъ 200,000 куб. саж. осадка, а р. Ріонъ — 1,000,000 куб. саж. Терекъ въ теченіи только іюля проноситъ 2,500,000 куб. саж., а Обь, Енисей и Лена уносятъ въ 800 лѣтъ количество осадковъ, равное 7,4 куб. милм.

Прим. перев.

ницы размыванія. Они понижаютъ свои берега на 5 сант. въ теченіе столѣтія и на 1 метръ въ теченіе 2000 лѣтъ.

Дѣлались также попытки измѣрить размывающее дѣйствіе моря и опредѣлить величину разрушенія всей земной поверхности. По вычисленіямъ Лаппарана (Lapparent) общее количество ежегодно разрушаемыхъ массъ достигаетъ 16 куб. километровъ, что соотвѣтствуетъ пониженію поверхности суши на 0,11 мм. Для того чтобы сравнять всѣ материки, достигающіе въ среднемъ 700 метр. въ высоту, понадобится только 4,5 милліона лѣтъ, т. е. промежутокъ времени, съ геологической точки зрѣнія, весьма незначительный. Если цифры, опредѣляющія разрушительную дѣятельность отдѣльныхъ рѣкъ, должны быть принимаемы съ большою осторожностью, то тѣмъ болѣе слѣдуетъ это сказать о вычисленіяхъ, распространяющихся на поверхность всей земли. Разныя рѣки проявляютъ далеко не одинаковую дѣятельность, и наши познанія слишкомъ еще недостаточны, чтобы мы могли правильно опредѣлить быстроту разрушенія земной поверхности со всѣмъ разнообразіемъ ея рельефа. Кромѣ того, дѣйствіе морскихъ волнъ опредѣлялось довольно поверхностно, такъ какъ мы не имѣемъ почти никакого критерія для его оцѣнки. Наконецъ нельзя упускать изъ вида, что на значительной части земной поверхности вовсе не существуетъ рѣкъ, уносящихъ въ море продукты разрушенія. Сюда относится обширная область замкнутыхъ озеръ въ Восточной Европѣ, почти вся сѣверная Африка*) и Аравія, значительная часть сѣверной Америки между Сіеррой-Невадой и Скалистыми горами и большая часть Австраліи (см. рис. 350). Въ этихъ областяхъ надъ разрушеніемъ горныхъ массъ работаетъ только вѣтеръ, а величина его дѣйствія совсѣмъ неизвѣстна. Но если бы даже въ нашихъ рукахъ имѣлись точныя цыфры, опредѣляющія скорость разрушенія, и если бы дѣйствіемъ вулканическихъ силъ и тектоническихъ процессовъ не происходило бы образованія новыхъ возвышенностей, то и въ этомъ случаѣ всѣ наши вычисленія были бы слишкомъ гадательными: вслѣдствіе пониженія материковъ долженъ уменьшаться наклонъ рѣкъ, а это въ свою очередь должно постепенно замедлятть разрушеніе твердыхъ массъ.

Наконецъ, дѣлались попытки опредѣлить по общей массѣ осадочныхъ породъ продолжительность ихъ образованія, но эти вычисленія еще болѣе лишены твердой почвы. Мы не знаемъ ни количества матеріала, ежегодно приносимаго въ море, ни средней мощности осадочныхъ породъ на материкахъ. Что же касается толщины слоистыхъ породъ на днѣ океана, то даже для приблизительнаго опредѣленія ея не имѣется никакихъ данныхъ. Одни ученые полагаютъ, что осадочныя образованія на днѣ океана обладаютъ въ общемъ тою же мощностью, что и на сушѣ, другіе же думаютъ, что географическое положеніе океаническихъ впадинъ не измѣнялось съ самого начала ихъ образованія, а потому на ихъ днѣ должны были скопиться огромнѣйшія массы осадковъ. Наконецъ, мы не знаемъ, какихъ размѣровъ достигаетъ повторное разрушеніе слоистыхъ породъ. Всякая попытка найти при помощи четырехъ неизвѣстныхъ новое неизвѣстное должна быть признана безполезной, а цифры, которыя получаются такимъ путемъ, безусловно ложными. Мы знаемъ только, что какъ процессы разрушенія, такъ и процессы отложенія дѣйствуютъ на землѣ съ давнихъ временъ и достигаютъ весьма значительныхъ размѣровъ.

---

*) Илъ рѣки Нила происходитъ не изъ сѣверной, а изъ центральной Африки.

III. Образованіе горныхъ породъ.

(Петрографія)

7. Слоистыя горныя породы.

Образованіе разныхъ видовъ слоистыхъ горныхъ породъ. — Кластическія (обломочныя) горныя породы. — Образованіе каменной соли, гипса и ангидрита. — Выдѣленіе углекислой извести. — Образованіе известняковъ при посредствѣ растеній, моллюсковъ, иглокожихъ и коралловъ. — Образованіе коралловыхъ рифовъ и аттоловъ. — Образованіе известняковъ при посредствѣ корненожекъ. — Бѣлый глубоководный илъ. — Красная глубоководная глина. — Радіоляріевый илъ. — Доломитъ.

Образованіе различныхъ видовъ слоистыхъ горныхъ породъ.

Часто указываютъ, что отзывчивость къ красотамъ природы и способность наслаждаться ими составляетъ одну изъ особенностей новаго времеии. У древне-классическихъ писателей мы не находимъ тѣхъ восторженныхъ описаній природы, которыми изобилуетъ современная литература. Причины этого явленія должны быть очень разнообразны: весьма вѣроятно, что выступленіе германскихъ рассъ на арену исторіи и ихъ вліяніе на духовное развитіе человѣчества имѣло значеніе и въ этомъ вопросѣ; съ эпохи возрожденія наукъ природа дѣлается предметомъ обстоятельныхъ изслѣдованій, а это въ свою очередь должно было повысить чувствительность культурныхъ націй къ ея красотамъ. Огромное развитіе естествознанія въ послѣдніе два вѣка все болѣе и болѣе направляетъ вниманіе общества въ эту сторону, и вмѣстѣ съ тѣмъ возрастаетъ пониманіе явленій природы.

Картины природы такъ же, какъ произведенія изящныхъ искусствъ, доставляютъ несравненно большее наслажденіе знатокамъ, чѣмъ диллетантамъ: красоты ихъ во всей полнотѣ раскрываются только ученымъ. Геологъ, опредѣляющій строеніе земной коры по внѣшнимъ формамъ поверхности и тщательно изслѣдующій каждую мельчайшую подробность рельефа, обладаетъ въ этомъ отношеніи огромными преимуществами. Непосредственное чувство величія и красоты соединяется съ глубокимъ нравственнымъ удовлетвореніемъ, которое доставляется пониманіемъ предмета, вызывающаго восторгъ, умѣніемъ доказать, изъ какихъ матеріаловъ сложены долины и горы,

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

МОНТЕ-КРИСТАЛЛО ВЪ ТИРОЛѢ БЛИЗЪ ШЛУДЕРБАХА.

(Съ фотографіи.)

и какія силы создали чудную гармонію развертывающихся передъ нимъ картинъ. Привычка наблюдать и изслѣдовать явленія природы изощряетъ чувства, и геологъ видитъ тысячи такихъ подробностей, которыя ускользаютъ отъ неопытнаго глаза: съ поразительною легкостью замѣчаетъ онъ слѣды напластованія даже въ тѣхъ случаяхъ, когда они выражены чрезвычайно слабо.

Кому приходилось дѣлать наблюденія надъ залеганіемъ горныхъ породъ, тотъ не могъ не замѣтить, что известняки, песчаники, сланцы и т. п. прорѣзываются на всемъ ихъ протяженіи параллельными трещинами, которыя разбиваютъ ихъ на ототдѣльные пласты. Во многихъ случаяхъ эта слоистость выражена весьма явственно (см. рис. 351), но очень часто неопытный глазъ не видитъ ея, особенно, если порода покрыта обильною растительностью; иногда слоистость можетъ быть подмѣчена благодаря полосамъ растительности или на высокихъ горахъ полосамъ снѣга (см. рис. на особомъ листѣ „Монте Кристалло у Шлюдербаха въ Тиролѣ“).

Рис. 351. Каньонъ Лодора въ горахъ Уинта въ Сѣв. Америкѣ. (По Кларенсу Кингу.)

Слоистость является характерною особенностью породъ, выдѣлившихся изъ воды; она отмѣчаетъ намъ послѣдовательныя фазы образованія осадковъ. Представимъ себѣ для примѣра озеро, въ которое вливается рѣка или ручей, несущая въ своихъ водахъ обломки размытыхъ ею породъ; въ озерѣ, гдѣ движеніе воды прекращается, твердыя частицы не могутъ болѣе удерживаться въ механически взвѣшенномъ состояніи и отлагаются на днѣ. Въ сухіе лѣтніе дни рѣка несетъ только тончайшій илъ; при наступленіи дождей усиливающійся потокъ увлекаетъ и песокъ: на тонкомъ глинистомъ слоѣ, образовавшемся во время лѣта, образуется песчано-глинистый

наносъ; если при новомъ наступленіи теплыхъ дней переносная дѣятельность рѣки понизится, то появится новый глинистый слой. Весной во время таянія снѣговъ вода принесетъ не только огромныя массы песку, но и мелкія гальки; такимъ образомъ слагается система пластовъ, состоящая изъ различнаго матеріала. Подобныя же явленія происходятъ всюду, гдѣ вода не обладаетъ движеніемъ, препятствующимъ паденію твердыхъ частицъ.

Какъ можно видѣть изъ сказаннаго, необходимымъ условіемъ слоистости является перемѣна матерьяла, выдѣляющагося изъ воды; однако, это не единственый способъ образованія пластовъ. Даже если свойства осадковъ не измѣняются, могутъ образоваться слои вслѣдствіе перерыва или замедленія въ доставкѣ матеріала. Мощность отдѣльныхъ слоевъ различна; можно найти всевозможные переходы отъ тончайшихъ листковъ до огромныхъ пластовъ въ нѣсколько метровъ мощностью; иногда даже вся толща данной породы образуетъ только одинъ пластъ. Въ этихъ случаяхъ ни на поверхности скалъ, ни въ каменоломняхъ, гдѣ обнажается порода, не видно никакой слоистости; такія породы называютъ обыкновенно неслоистыми, но, строго говоря, это обозначеніе совсѣмъ неправильно. Отдѣльные слои сохраняютъ неизмѣнною ихъ толщину на болѣе или менѣе значительныхъ разстояніяхъ, но иногда въ тѣхъ или иныхъ мѣстахъ мало-по-малу теряются, или, какъ говорятъ „выклиниваются“ (см. рис. стр. 91 и 92). Такъ какъ дно моря и большихъ озеръ представляетъ горизонтальную плоскость или обладаетъ слабымъ, незамѣтнымъ для глаза наклономъ, то первоначально всѣ пласты должны были располагаться горизонтально и только въ нѣкоторыхъ случаяхъ могли быть наклонены на болѣе или менѣе значительный уголъ. Послѣднее могло произойти въ тѣхъ случаяхъ, когда, напр., ручей изливалъ свои воды въ озеро съ крутыми берегами или несъ песокъ и гальки изъ высокой боковой долины и отлагалъ ихъ на днѣ широкой главной долины; кромѣ того наклонные пласты могли образоваться и въ тѣхъ случаяхъ, когда въ силу мѣстныхъ условій осадки отлагались на наклонной поверхности (см. рис. 352); однако, такія явленія были въ прежнія эпохи большою рѣдкостью. Гораздо чаще приходится наблюдать нарушенія въ напластованіи породъ, которыя первоначально образовывали горизонтальные слои и пріобрѣли наклонное положеніе, благодаря дѣйствію горообразующихъ силъ. Кромѣ того происходятъ и другія измѣненія: вслѣдствіе бокового давленія хрупкія породы прорѣзываются трещинами, которыя разбиваютъ всю ихъ толщу на отдѣльные слои, а гибкія образованія пріобрѣтаютъ ложную сланцеватость, которая пересѣкаетъ истинную подъ болѣе или менѣе острымъ угломъ (см. стр. 380). Иногда перегруппировка частицъ бываетъ настолько полной, что вторичная или ложная сланцеватость выражается несравненно отчетливѣе, чѣмъ первоначальная. Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ залегаютъ другъ на другѣ пласты различныхъ или, по крайней мѣрѣ, различно окрашенныхъ породъ, вторичную сланцеватость легко отличить отъ первоначальной; но если этого нѣтъ, то требуется много вниманія и труда, чтобы опредѣлить истинный характеръ сланцеватости.

Слоистыя породы (geschichtete Gesteine, Flözgesteine, Sedimentärgesteine) покрываютъ большую часть земной коры и носятъ чрезвычайно разнообразный характеръ. Взвѣшенныя въ водѣ твердыя частицы—глинистый илъ, песокъ, гальки, вулканическій пепелъ и др. отлагаются на днѣ морей и озеръ чисто механическимъ путемъ и носятъ названіе *механическихъ* осадковъ; наоборотъ, углекислый кальцій, гипсъ, поваренная соль и другія растворенныя во водѣ вещества выкристаллизовываются, т.-е.

выдѣляются изъ нея химическимъ путемъ; эти отложенія называются *химическими* осадками или *зернисто-кристаллическими* (простыми) породами. На ряду съ такими *минерогенными* породами существуютъ породы *органогенныя* (органолиты), образующіяся на счетъ матеріала, въ изобиліи доставляемаго животными и растеніями. Мельчайшія растенія торфяниковъ, пышная флора тропическихъ лѣсовъ, пловучіе лѣса и водоросли превращаются въ минеральные угли; известковыя скорлупки безчисленныхъ животныхъ скопляются въ огромномъ числѣ; точно также и кремневые скелеты низшихъ животныхъ покрываютъ въ извѣстныхъ мѣстахъ дно океана.

Рис. 352. Наклоненные пласты вулканическаго туфа въ долинѣ Іеллоустона въ Сѣв. Америкѣ. (По Гайдену.)

Между этими группами горныхъ породъ въ природѣ не существуетъ рѣзкихъ границъ: едва ли можно назвать такую органогенную породу, которая была бы свободна отъ механическихъ подмѣсей; съ другой стороны, всякій механически осѣвшій матеріалъ содержитъ въ себѣ бо́льшее или меньшее количество органическихъ веществъ; точно также породы, выдѣлившіяся изъ химическихъ растворовъ, почти всегда содержатъ различныя подмѣси. Переходы, наблюдаемые въ природѣ, до того постепенны, что нерѣдко одна и та же порода можетъ быть съ полнымъ правомъ отнесена какъ къ одной, такъ и къ другой группѣ.

Образованіе горныхъ породъ происходитъ главнымъ образомъ въ *океанѣ*. Внутри материковъ — на днѣ рѣкъ и озеръ также отлагаются осадки, но сравнительно съ морскими образованіями они занимаютъ значительно меньшія пространства, а потому и разрушаются быстрѣе. Если оставить въ сторонѣ немногочисленныя исключенія, то можно сказать, что всѣ болѣе или менѣе сохранившіеся материковые осадки относятся по времени своего образованія къ самымъ недавнимъ эпохамъ.

Кластическія породы.

Валунныя отложенія, конгломераты и брекчіи, песокъ и песчаники, наконецъ, глина со всѣми ея разновидностями — главнѣйшіе изъ тѣхъ минерогенныхъ породъ, которыя образовались изъ твердыхъ частей, принесенныхъ вѣтромъ и текучею водою; это такъ называемые *кластическія* или *обломочныя* горныя породы (*κλαίω* [klajo]— ломаю); онѣ образовались изъ продуктовъ разрушенія вулканическихъ, зернисто-кристаллическихъ и органогенныхъ породъ и сравнительно съ послѣдними обнаруживаютъ поразительную однородность состава: кварцевый песокъ и глина являются главнымъ матеріаломъ ихъ. Причина такого явленія кроется въ процессахъ вывѣтриванія и въ переносѣ продуктовъ разрушенія. Легко разрушающіеся минералы растворяются водою, а тѣ части горныхъ массъ, которыя трудно поддаются разрушенію, сохраняются на мѣстѣ и подлежатъ механической переработкѣ. Все, что не успѣло раствориться при первомъ дѣйствіи воды, растворяется впослѣдствіи, и конечнымъ продуктомъ разрушенія являются почти нерастворимыя вещества,—глина и песокъ; послѣдніе и образуютъ главный матеріалъ кластическихъ породъ.

При переносѣ продуктовъ разрушенія также происходитъ ихъ сортировка. Рѣка, протекающая среди горъ, двигаетъ крупные валуны; переходя въ равнину и теряя часть своей скорости, она можетъ перемѣщать только мелкія гальки; чѣмъ ближе къ устью, тѣмъ болѣе падаетъ переносная дѣятельность рѣки; далѣе вода несетъ песокъ и, наконецъ, тончайшій илъ. Такимъ образомъ рѣки доставляютъ въ море главнымъ образомъ глинистые осадки; только тѣ небольшіе потоки, которые, выходя изъ гористой мѣстности, изливаются непосредственно въ море, несутъ туда мелкія гальки. Тѣ же вещества получаетъ море, благодаря дѣйствію его волнъ: прибой разрушаетъ породу, и обломки ея составляютъ матеріалъ для образованія осадковъ. Морская вода также проявляетъ сортирующую дѣятельность. Валуны и гальки не могутъ быть унесены далеко и отлагаются вблизи мѣста ихъ образованія; если они будутъ связаны какимъ-либо цементирующимъ веществомъ, то получится порода, называемая *конгломератомъ*. Подобныя же образованія носятъ названіе *брекчій,* если они состоятъ изъ угловатыхъ обломковъ, слипшихся въ общую массу.

Песокъ также отлагается вблизи берега въ видѣ значительныхъ пластовъ. То же происходило и въ минувшіе періоды жизни земли, и пласты образовавшагося тогда песка во многихъ мѣстахъ сохранились въ рыхломъ состояніи; но въ большинствѣ случаевъ они превратились въ *песчаники*, послѣдніе, смотря по характеру цементирующаго ихъ вещества, носятъ названіе глинистыхъ песчаниковъ, известковыхъ песчаниковъ, кварцитовъ и др.

Гораздо дальше уносится глинистый илъ; онъ образуетъ матеріалъ для образованія *пластическихъ глинъ,* послѣднія принадлежатъ премущественно къ числу новѣйшихъ образованій, древнѣйшія же глины во многихъ случаяхъ превратились въ слоистыя глины и глинистые сланцы: причиною этого измѣненія является боковое давленіе, подъ вліяніемъ котораго порода пріобрѣтаетъ сланцеватость, и въ ея массѣ образуются микроскопически мелкіе кристаллики. Но и тончайшій илъ не достигаетъ отдаленныхъ частей моря: глины образуютъ около материковъ и острововъ относительно узкій поясъ—не болѣе 40 геогр. миль въ ширину. Причина этого кроется въ томъ, что морская вода, чрезвычайно богатая растворенными солями, быстро осаж-

даетъ механически взвѣшенныя части. Стаканъ съ илистою рѣчной водой стоитъ въ теченіе цѣлыхъ мѣсяцевъ, и вода въ немъ не очищается и не свѣтлѣетъ; наоборотъ, въ соляномъ растворѣ илъ осаждается въ нѣсколько минутъ; даже сильныя морскія теченія не уносятъ илъ далеко въ море. Кластическія породы образуются почти исключительно въ мелководныхъ прибрежныхъ областяхъ моря; такой же характеръ обнаруживаютъ аналогичныя образованія древнѣйшихъ эпохъ.

Пласты нѣкоторыхъ песчаниковъ обнаруживаютъ діагональную слоистость, т.-е распадаются по направленію обѣихъ діагоналей на тонкія пластинки; это явленіе станетъ понятнымъ, если мы допустимъ, что такіе песчаники образовались изъ прибрежныхъ дюнъ, которыя обладаютъ ясно выраженною діагональною слоистостью; если движущаяся дюна оставляетъ на прежнемъ мѣстѣ часть своего основанія, то образуется слой песку съ діагональнымъ наслоеніемъ. Нерѣдко и на поверхности такихъ песчаниковъ можно найти указанія на прибрежное происхожденіе; здѣсь нерѣдко наблюдаются длинные гребни, отдѣляющіеся другъ отъ друга углубленіями; это слѣды морскихъ волнъ, оставленные на песчаной почвѣ. Отпечатки дождевыхъ капель встрѣчаются тоже довольно часто. Такія же явленія можно наблюдать въ тѣхъ случаяхъ, когда слои песчаниковъ залегаютъ на глину. Подобно илу дождевой лужи, глина при засыханіи покрывается трещинами; песокъ, отлагающійся на поверхности, заполняетъ эти трещины, вслѣдствіе чего на нижней поверхности его образуются валики. Такимъ же образомъ сохранились отпечатки ногъ животныхъ, проходившихъ по глинистой почвѣ; у нѣкоторыхъ песчаниковъ поверхности наслоенія покрыты многочисленными валиками, кольцами, бородавками, зигзагообразными и звѣздчатыми выступами и т. п.; происхожденіе послѣднихъ выяснено только въ рѣдкихъ случаяхъ, но нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что эти образованія представляютъ слѣды организмовъ, которые обитали въ прибрежной полосѣ суши или въ мелководныхъ частяхъ моря. Нѣкоторые изъ этихъ отпечатковъ, вообще извѣстныхъ подъ именемъ „іероглифовъ“, получили собственное названіе: такъ, напр., образованія, представленныя выше (рис. 353) и сходныя по своей формѣ съ пчелиными сотами, носятъ наименованіе Palaeodictyon; слѣды морскихъ волнъ и др. отпечатки встрѣчаются на

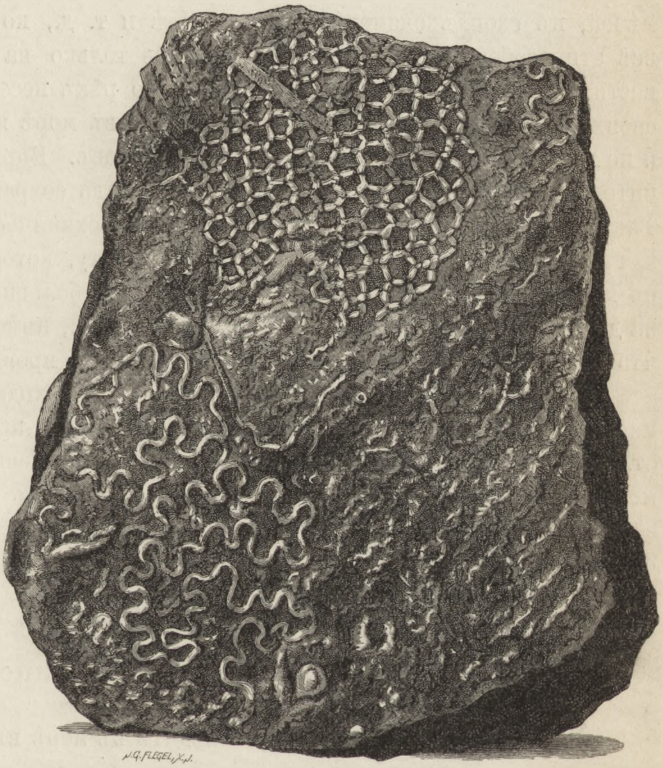


Рис. 353. „Іероглифный“ песчаникъ эоценоваго возраста съ Троппберга въ Нижней Австріи. (Съ фотографіи Фукса.)

всѣхъ песчаникахъ и глинахъ, начиная съ древнѣйшихъ пластовъ, которые содержатъ окаменѣлости; но особенно многочисленны эти образованія въ такъ называемомъ флишѣ (стр. 359); послѣдній чрезвычайно богатъ вѣтвистыми формами, которыя представляютъ сходство съ водорослями. Ихъ обозначали особымъ названіемъ и долго считали остатками подводныхъ растеній; наконецъ, было замѣчено, что эти мнимыя водоросли располагаются корнями вверхъ, а вѣтками внизъ и состоятъ изъ того же матеріала, изъ котораго сложена прорѣзываемая ими порода; всего вѣроятнѣе, что это вѣтвистые ходы червей, заполненные пескомъ.

Песчаники и глины обнаруживаютъ большое однообразіе въ свойствахъ подмѣсей, въ своихъ окаменѣлостяхъ, цвѣтѣ и т. д., но мы не будемъ разсматривать всѣ эти особенности и остановимся здѣсь только на вопросѣ о происхожденіи известняковъ. Мы видѣли, что большинство рѣкъ несетъ известковый илъ лишь въ своихъ верхнихъ частяхъ; въ низовьяхъ и въ морѣ известь до конца растворяется и не можетъ образовать механическихъ осадковъ. Впрочемъ, при нѣкоторыхъ исключительныхъ условіяхъ известковый илъ можетъ сохраняться въ твердомъ состояніи. Такъ, напр., рѣка, богатая растворенною и механически взвѣшенною известью, можетъ изливать свои воды въ небольшую бухту, которая имѣетъ слабое соединеніе съ моремъ; известковый илъ скопится здѣсь въ большихъ количествахъ и, осаждаясь на дно, даетъ начало известнякамъ. Такъ, напр., имѣется не мало основаній думать, что знаменитые литографскіе камни Солнгофена произошли такимъ именно путемъ.

Гораздо чаще такой процессъ можетъ происходить въ озерахъ; ограниченныя массы ихъ воды не могутъ растворить всей извести, приносимой рѣками, и послѣдняя отлагается на днѣ въ видѣ мѣлового ила. Среди древнихъ образованій мы находимъ мелко-зернистые, легко растирающіеся въ порошокъ известняки и остатки прѣсноводныхъ моллюсковъ; вѣроятно, эти породы образовались только-что выясненнымъ способомъ.

Образованіе каменной соли, гипса и ангидрита.

Механическое осажденіе происходитъ въ морѣ въ широкихъ размѣрахъ: наоборотъ, выдѣленіе минеральныхъ частей химическимъ путемъ (выкристаллизовываніе) здѣсь чрезвычайно ограничено; при изслѣдованіи глубоководныхъ частей океана, произведенномъ въ послѣднее время, нигдѣ не было найдено кристаллическихъ осадковъ. Для выясненія этого явленія мы должны познакомиться съ химическимъ составомъ морской воды, т.-е. опредѣлить, какія вещества въ ней растворены.

Какъ извѣстно, морская вода весьма богата *солями;* въ 1 килогр. ея содержится больше 34 грамм. твердыхъ веществъ (въ среднемъ 34,77 грамма); количество отдѣльныхъ солей слѣдующее:

Поваренои соли (хлористаго натрія)	27,18
Хлористаго магнія	3,35
Сѣрнокислаго магнія	2,27
Сѣрнокислаго кальція (гипса)	1,27
Хлористаго калія	0,61
Бромистаго магнія	0,05
Двууглекислой извести	0,04
Итого	34,77

Кромѣ того, въ водѣ морей найдены слѣды нѣкоторыхъ другихъ веществъ.

При извѣстныхъ условіяхъ возможны незначительныя уклоненія отъ этого средняго состава; у устьевъ рѣкъ легкая прѣсная вода трудно смѣшивается съ соленою

морскою водою и на огромномъ протяженіи плыветъ по поверхности моря; вслѣдствіе этого содержаніе солей въ верхнемъ слоѣ воды понижается. Подобное же явленіе происходитъ у полюсовъ, гдѣ огромныя массы воды, образующейся отъ таянія льдовъ, расжижаютъ верхній слой морской воды. Наоборотъ, въ теплыхъ странахъ вода усиленно испаряется на поверхности и потому обогащается солями. Но въ общемъ всѣ эти уклоненія незначительны, и морская вода на всемъ протяженіи океана обладаетъ приблизительно одинаковымъ составомъ: причина этого явленія кроется въ непрерывной диффузіи, которая сглаживаетъ мѣстныя различія.

Значительныя уклоненія должны наблюдаться во внутреннихъ моряхъ, которыя соединяются съ океаномъ, посредствомъ узкихъ проливовъ: таковы, напр., Балтійское море, Черное море, Красное море и др. Послѣднее вовсе не получаетъ прѣсной рѣчной воды, испареніе же съ поверхности, благодаря теплому климату, достигаетъ значительныхъ размѣровъ; въ этихъ моряхъ содержится значительно болѣе солей, чѣмъ въ какой либо другой части океана, именно болѣе 40 граммъ въ 1 килогр. воды (два опредѣленія дали 43,15 гр. и 41,81 гр.). Въ Средиземномъ морѣ испареніе происходитъ настолько сильно, что потеря воды не можетъ быть восполнена даже такими значительными рѣками, какъ Нилъ, По, Рона, Эбро и многіе другія; поэтому и здѣсь содержаніе солей выше, чѣмъ въ океанѣ. Противоположное явленіе наблюдается въ Балтійскомъ и Черномъ моряхъ, которыя получаютъ столько прѣсной воды, что содержаніе солей въ нихъ сильно падаетъ.

Если бы испарилась вся морская вода, то изъ нея выдѣлились бы огромныя массы солей; онѣ образовали бы на протяженіи всего дна океана пластъ до 100 метр. мощностью. Но даже при такомъ значительномъ содержаніи солей, какое наблюдается въ Красномъ морѣ, невозможно непосредственное выдѣленіе ихъ; наоборотъ, морская вода способна растворять еще гораздо большее количество твердыхъ веществъ. Образованіе химическихъ осадковъ въ океанѣ не возможно, но вблизи береговъ въ небольшихъ закрытыхъ заливахъ часто имѣются на лицо условія, благопріятствующія этому процессу. Узильо (Uziglio) произвелъ чрезвычайно важные опыты, которые показываютъ, какъ происходитъ выдѣленіе осадковъ при испареніи морской воды: онъ постепенно испарялъ въ своей лабораторіи воду Средиземнаго моря и опредѣлялъ порядокъ выкристаллизовыванія солей. Прежде всего выдѣлялись незначительныя количества окиси желѣза, затѣмъ углекислый кальцій и углекислый магній; когда количество жидкости сократилось до $^4/_5$ первоначальнаго объема, выдѣлялся гипсъ и остатки углекислаго кальція, затѣмъ еще незначительныя количества гипса, главная масса поваренной соли съ небольшою подмѣсью хлористаго магнія, бромистый натрій и сѣрнокислый магній. На этомъ опытъ былъ прерванъ: остался маточный растворъ, который заключалъ лишь $^1/_{62}$ первоначальнаго объема воды: въ немъ содержались $^1/_5$ всего количества солей; углекислый кальцій и гипсъ выдѣлились почти вполнѣ, поваренная соль осталась въ количествѣ $^1/_3$; наконецъ, остальныя легко растворимыя вещества (хлористый магній, хлористый калій, бромистый натрій, сѣрнокислый магній) выдѣлились только въ незначительной степени.

Опытъ этотъ даетъ нѣсколько исключительные результаты, такъ какъ матеріаломъ для него служила вода Средиземнаго моря, очень богатая известью, поэтому прежде всего и выдѣлялся углекислый кальцій; наоборотъ, опыты Бишофа съ обыкновенною морскою водою показали, что сперва выдѣляется гипсъ и уже значительно позднѣе углекислый кальцій. Пренебрегая этимъ уклоненіемъ, мы можемъ ожидать,

что и въ природѣ произойдутъ явленія, которыя наблюдалъ Уцильо въ своей лабораторіи, если вслѣдствіе тѣхъ или иныхъ причинъ бухта будетъ отрѣзана отъ моря и, не получая притока прѣсныхъ водъ, станетъ постепенно усыхать: соли выдѣлятся въ вышеуказанномъ порядкѣ и при извѣстныхъ благопріятныхъ условіяхъ могутъ сохраниться до слѣдующихъ геологическихъ періодовъ.

Однако этимъ путемъ выдѣляется немного соли и происхожденіе огромныхъ залежей этого вещества остается необъясненнымъ. Стоитъ только припомнить тѣ поразительные результаты, къ которымъ привело изслѣдованіе соляныхъ богатствъ сѣверной Германіи. Шперенбергская буровая скважина, близъ Берлина, прорѣзала пластъ соли въ 1182 метра мощностью и не достигла подстилающей его породы; очевидно, что такія громадныя массы этого вещества не могли выдѣлиться при испареніи воды на незначительной части моря. Въ своихъ изслѣдованіяхъ Каспійскаго моря К. Беръ отмѣтилъ любопытныя явленія, которыя показываютъ намъ, какъ могутъ накопляться въ природѣ мощные залежи соли. У восточнаго берега Каспійскаго моря находится обширная бухта Кара-Бугазъ: она достигаетъ 3000 морскихъ миль въ ширину и отдѣляется отъ моря длинною „пересыпью“, которая прорѣзывается узкимъ и мелководнымъ проливомъ. Въ Кара-Бугазъ не изливается ни одной рѣки, и кругомъ лежитъ безводная степь. Сухіе вѣтры, пролетающіе надъ поверхностью земли, вызываютъ быстрое испареніе воды, и если бы убыль ея не пополнялась притокомъ изъ Каспійскаго моря, то Кара-Бугазъ давно бы высохъ. Прибывающая вода испаряется въ заливѣ и оставляетъ здѣсь свою соль; вслѣдствіе этого въ Кара-Бугазѣ содержится 29,5 процентовъ солей (295 гр. въ 1 килогр.), и на днѣ его происходитъ непрерывное выдѣленіе каменной соли и гипса. Точно въ огромной варницѣ испаряется въ Кара-Бугазѣ вода Каспійскаго моря, и, въ концѣ концовъ, заливъ будетъ заполненъ осадками; этому не можетъ воспрепятствовать явленіе, прежде почти не принимавшееся въ разсчетъ, — именно обильный отливъ его воды въ Каспійское море, происходящій низомъ. Такимъ путемъ могутъ образоваться мощныя и обширныя залежи соли; если бы на южномъ концѣ Краснаго моря въ проливѣ Бабъ-эль-Мандебъ образовалась высокая мель, то скоро бы вся котловина заполнилась обильными отложеніями соли.

Такимъ образомъ при извѣстныхъ условіяхъ можетъ происходить выдѣленіе изъ морской воды химическихъ осадковъ. Известняки образуются этимъ путемъ въ весьма ограниченной степени; наоборотъ сѣрнокислый кальцій выдѣляется въ обильныхъ количествахъ, иногда въ соединеніи съ водою *(гипсъ)* иногда безъ нея *(ангидритъ)*. Чистый гипсъ представляетъ кристаллическую массу въ большинствѣ случаевъ бѣлаго цвѣта и обладаетъ зернистымъ или волокнистымъ строеніемъ; весьма часто онъ содержитъ посторонныя подмѣси. Онъ настолько мягокъ, что легко царапается ногтемъ; этимъ гипсъ отличается отъ болѣе твердаго и болѣе тяжелаго ангидрита. Нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что обѣ породы выдѣлились главнымъ образомъ изъ морской воды, но въ настоящую минуту чрезвычайно трудно выяснить, при какихъ условіяхъ образуется гипсъ и при какихъ — ангидритъ. Можно съ большимъ вѣроятіемъ предположить, что послѣдняя изъ этихъ породъ требуетъ для своего образованія значительнаго давленія и сильной концентраціи хлористаго натрія, другими словами, она можетъ выдѣляться только на извѣстной глубинѣ; къ окончательному выводу можно придти только экспериментальнымъ путемъ, но до сихъ поръ этого не удалось еще достигнуть.

Непосредственно на дневной поверхности ангидритъ почти не встрѣчается: вмѣсто него мы находимъ здѣсь гипсъ; но если мощныя залежи послѣдняго прослѣдить въ глубину, то нерѣдко оказывается, что тамъ залегаетъ уже ангидритъ. Отсюда ясно, что ангидритъ при доступѣ къ нему воды превращается въ гипсъ (см. стр. 388 и 492).

Каменная соль встрѣчается въ природѣ значительно рѣже гипса и ангидрита: причина этого кроется въ ея легкой растворимости. Во многихъ случаяхъ испаряющаяся морская вода достигаетъ только той концентраціи, при которой возможно выдѣленіе сѣрнокислаго кальція; далѣе же, вслѣдствіе тѣхъ или иныхъ геологическихъ измѣненій, процессъ испаренія останавливается, и хлористый натрій остается въ растворѣ; съ другой стороны, отложившаяся каменная соль легко растворяется водою, если ее не защищаетъ сверху слой водоупорной породы, напр., глины. Еще рѣже, встрѣчаются такія легко растворимыя соли, какъ сѣрнокислый магній, хлористый магній и хлористый калій; концентрація раствора рѣдко достигаетъ той степени, когда дѣлается возможнымъ ихъ выдѣленіе. Главнѣйшія залежи этихъ минераловъ находятся въ Стассфуртѣ близъ Магдебурга и у подножія Галицкихъ Карпатовъ. Здѣсь названныя соли встрѣчаются въ разныхъ видахъ и образуютъ иногда сложныя соединенія; онѣ залегаютъ подъ каменною солью, что является прямымъ слѣдствіемъ ихъ образованія; трудно растворимыя вещества выкристаллизовываются раньше и ложатся на днѣ моря; наоборотъ, легко растворимыя соли отлагаются въ болѣе высокихъ горизонтахъ. Въ огромныхъ залежахъ Стассфурта мы наблюдаемъ тотъ же порядокъ залеганія, который былъ искусственно воспроизведенъ Уцильо.

Заливы, отдѣленные отъ моря узкою пересыпью, которая, однако, не заграждаетъ пути морской водѣ, дали начало большинству громадныхъ залежей каменной соли. Однако, образованіе химическихъ осадковъ можетъ происходить и при иныхъ условіяхъ, хотя и въ весьма ограниченныхъ размѣрахъ. Какъ извѣстно, всѣ ключи и рѣки содержатъ въ растворѣ минеральныя вещества, составъ которыхъ подлежитъ чрезвычайно большимъ колебаніямъ. Каждая рѣка и ручей измѣняютъ свой минеральный составъ въ зависимости отъ временъ года: присутствіе въ нихъ тѣхъ или иныхъ веществъ зависитъ отъ свойствъ горныхъ породъ той мѣстности, откуда они получаютъ свое питаніе. Среди всѣхъ солей, почти постоянно присутствующихъ въ рѣчной водѣ, первое мѣсто нужно отвести углекислому кальцію *); кромѣ того, въ незначительныхъ количествахъ присутствуютъ разныя другія соли, каковы: сѣрнокислый кальцій, хлористый натрій, хлористый калій, сѣрно-кислый натрій, сѣрнокислый магній и др.

Въ водѣ нѣкоторыхъ рѣкъ растворены огромныя количества углекислаго кальція: такъ, напр., рѣки, вытекающія изъ богатой известняками Юры, содержатъ болѣе 20 частей этого вещества въ 100,000 частей воды; наоборотъ, Мэлль у Хейлигенблюта въ Каринтіи не содержитъ и одной части углекислаго калія, а Эцъ у Бента въ Тиролѣ — только $^1/_2$ части въ 100,000 частей воды; обѣ эти рѣки вытекаютъ изъ горъ, образованныхъ кристаллическими сланцами. Окрестности р. Іордана богаты хлористымъ натріемъ и другими легко растворимыми солями; огромныя количества этихъ веществъ находимъ мы и въ водахъ рѣки.

---

*) Мы не считаемъ такихъ рѣкъ, какова, напр., Темза: въ нижнемъ ея теченіи приливъ нагоняетъ много морской воды, которая сильно вліяетъ на минеральный составъ ея водъ.

Если рѣка изливается въ озеро, имѣющее стокъ, то она оставляетъ здѣсь всѣ твердыя части, которыя были механически взвѣшены въ ея водѣ; что же касается минеральнаго состава послѣдней, то онъ не испытываетъ существенныхъ измѣненій. Иное наблюдаемъ мы въ тѣхъ внутреннихъ озерахъ, которыя лежатъ въ жаркихъ областяхъ и въ которыхъ испаряется вся вода, доставляемая рѣками. Такими озерами, не изливающими въ море своей воды, заняты значительныя части земной поверхности (см. рис. 350); первое мѣсто слѣдуетъ отвести огромной области, про-

Рис. 354. Соляное озеро Даріача въ западной Персіи.

стирающейся отъ восточныхъ окраинъ Европы черезъ всю Азію почти до Великаго океана; на западѣ этого обширнаго пояса располагается Каспійское море, въ которое изливается величайшая изъ европейскимъ рѣкъ Волга, рр. Уралъ, Терекъ, Кура, Атрекъ и др. Къ югу отсюда располагается Персидское плоскогоріе, весьма бѣдное атмосферными осадками, которые собираются также въ замкнутыхъ озерахъ; къ востоку отъ Каспійскаго моря лежитъ Аральское озеро; далѣе слѣдуетъ озеро Балкашъ, оз. Лобъ-Норъ въ пустынѣ Гоби, цѣлый рядъ озеръ въ Монголіи, Тибетѣ и Иранѣ; только на крайнемъ востокѣ мы находимъ обширныя рѣки Амуръ, Хуанъ-хэ и Янъ-тзе-Кіангъ. Нигдѣ въ другомъ мѣстѣ земной поверхности не встрѣчается такой обширной области замкнутыхъ озеръ: значительная часть Сиріи и Аравіи, почти вся сѣверо-африканская пустыня не изливаютъ своихъ водъ въ моря, но большинство этихъ странъ такъ бѣдно атмосферными осадками, что мы находимъ въ нихъ только одинокія озера (оз. Чадъ, высыхающія озера Сахары и Мертвое море). Обширныя

области, не имѣющія соединенія съ моремъ, лежатъ внутри Австраліи и въ западной части Сѣверной Америки, между Сіеррой-Невадой и горами Уасачъ (см. рис. 355); въ послѣдней изъ этихъ областей, въ штатѣ Утахъ, мы находимъ знаменитое Соляное озеро, на берегу котораго стоитъ городъ Мормоновъ; кромѣ того, здѣсь извѣстенъ цѣлый рядъ небольшихъ озеръ.

Всѣ замкнутыя озера содержатъ въ своей водѣ болѣе или менѣе значительныя количества поваренной соли. Даже въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣки приносятъ немного минеральныхъ веществъ, въ озерахъ происходитъ непрерывная концентрація солей: вся притекающая вода испаряется, а вещества, содержавшіяся въ ней, остаются въ озерѣ; такъ какъ этотъ процессъ длится въ теченіе многихъ тысячъ лѣтъ, то происходитъ огромное накопленіе солей, и послѣднія начинаютъ выкристаллизовываться.

Рис. 355. Лишенное стоковъ озеро Лаль и гора Агассиса въ Сѣверной Америкѣ. (По Кларенсу Кингу.)

Углекислый кальцій, присутствующій въ водѣ всѣхъ рѣкъ, выдѣляется прежде всего; количество остальныхъ веществъ все болѣе повышается, и, наконецъ, происходитъ выдѣленіе даже легко растворимыхъ солей, каковы хлористый натрій, сѣрно-кислый магній (горькая соль), углекислый натрій (сода) и бура; особенно быстро совершается выкристаллизовываніе, если и рѣки, изливающіяся въ озеро, содержатъ въ своихъ водахъ значительное количество солей; примѣромъ такихъ озеръ могутъ служить Мертвое море и соляныя озера Астраханской губерніи.

Вода морей, какъ мы видѣли, обладаетъ поразительнымъ однообразіемъ состава; наоборотъ, въ замкнутыхъ озерахъ не только мѣняется концентрація, но также и химическій составъ растворенныхъ тѣлъ. Присутствіе въ ихъ водѣ тѣхъ или иныхъ солей зависитъ отъ химическихъ свойствъ горныхъ породъ, на счетъ которыхъ рѣки обогащаются минеральными веществами. Съ теченіемъ времени озера могутъ дать начало залежамъ разнообразныхъ солей, но, за рѣдкими исключеніями, послѣднія достигаютъ лишь незначительной мощности. Въ нѣкоторыхъ изъ озеръ добываются огромныя количества солей, а потому значеніе ихъ въ промышленности весьма велико; такъ, напр., Эльтонское озеро даетъ ежегодно около 6 милліоновъ пудовъ поваренной соли, и приблизительно такое же количество этого вещества добывается въ сосѣднемъ Баскунчакскомъ озерѣ. Общее количество соли, добываемой ежегодно въ Астраханской губ., достигаетъ 15 милліоновъ пудовъ; однако, несмотря на такую

производительность, разсматриваемыя озера съ геологической точки зрѣнія слишкомъ незначительны, особенно если сравнить ихъ съ огромными массами соли, относящимися къ прежнимъ періодамъ *).

Замѣчательный и во многихъ отношеніяхъ своеобразный примѣръ замкнутаго озера представляетъ Мертвое море въ Палестинѣ. Вся долина Іордана, впадина Мертваго моря и, наконецъ, заливъ Акаба,—все это представляетъ одну огромную сбросовую впадину; наиболѣе глубокую часть послѣдней занимаетъ Мертвое море, уровень котораго лежитъ на 300 м. ниже уровня Средиземнаго моря; эта мѣстность одна изъ самыхъ глубокихъ низменностей на всемъ земномъ шарѣ. Несмотря на это, Мертвое море достигаетъ 360 м. въ глубину; такимъ образомъ здѣсь имѣются на лицо благопріятныя условія для образованія мощныхъ залежей соли. Количество растворенныхъ въ водѣ солей чрезвычайно велико, и въ глубинѣ озера концентрація раствора выше, чѣмъ на поверхности; особенно высоко содержаніе легко растворимыхъ солей, каковы хлористый калій и хлористый магній; даже содержаніе брома достигаетъ здѣсь $^7/_{1000}$. Преобладаніе легко растворимыхъ солей показываетъ, что концентрація происходитъ съ давнихъ временъ и что главныя массы менѣе растворимыхъ веществъ, каковы поваренная соль и сѣрнокислый кальцій, въ значительной степени уже выдѣлились изъ раствора.

Выдѣленіе углекислой извести.

Выдѣленіе минеральныхъ веществъ происходитъ не только въ озерахъ, но и въ рѣкахъ. Это прежде всего слѣдуетъ сказать объ углекисломъ кальціи, который въ незначительныхъ количествахъ растворяется уже въ чистой водѣ; но вода рѣкъ содержитъ обыкновенно углекислоту, присутствіе которой значительно повышаетъ растворимость названной соли. Послѣдняя немедленно осаждается, какъ только будетъ удалена углекислота: это достигается или простымъ кипяченіемъ раствора, или же дѣйствіемъ другого газа, напр., атмосфернаго воздуха, который вытѣсняетъ углекислоту: достаточно только потрясти растворъ при доступѣ воздуха или же заставить его падать съ высоты: вода поглощаетъ воздухъ и теряетъ углекислоту изъ раствора же выдѣляется углекислый кальцій.

Этимъ простымъ явленіемъ объясняется образованіе *сталактитовъ* или *капельниковъ* (см. рис. 356 и 357), которые сообщаютъ столько чарующей прелести подземнымъ пещерамъ въ известковыхъ горахъ. Вода, содержащая углекислоту, тонкими нитями просачивается черезъ трещины, растворяетъ известняки и увлекаетъ въ глубину углекислый кальцій. Если трещины открываются въ подземной пещерѣ, вода стекаетъ по всѣмъ выступамъ и собирается въ видѣ капель на ихъ концахъ; вслѣдствіе непрерывнаго испаренія углекислый кальцій выдѣляется отчасти на потолкѣ пещеры; подъ вліяніемъ тяжести капельки обрываются и падаютъ на дно; теряя при этомъ углекислоту, онѣ образуютъ и здѣсь бѣлые натеки. Работа каждой капли ничтожна; но въ теченіе цѣлыхъ тысячелѣтій вода просачивается по однимъ и тѣмъ же трещинамъ, и милліоны капелекъ созидаютъ величественные „сталактиты“, спускающіеся сверху, и

---

*) Болѣе подробныя свѣдѣнія о соляныхъ озерахъ Россіи и вообще о нашихъ залежахъ соли будутъ приведены во 2-мъ томѣ въ главѣ „Полезныя Ископаемыя“.

Прим. перев.

„сталагмиты“, подымающіеся со дна пещеры. Иногда сталактиты и сталагмиты сливаются и образуютъ стройную колонну, поддерживающую своды грота. Въ сталактитовыхъ подземельяхъ слышится непрерывный ритмическій шумъ: это падаютъ капельки на свои каменные пьедесталы; здѣсь идетъ непрерывная работа, и каждая частица воды несетъ новые атомы матеріала, изъ котораго созидаются восхитительные натеки. Формы послѣднихъ разнообразны до безконечности: они спускаются въ видѣ тончайшихъ занавѣсъ, выступаютъ въ видѣ куполовъ или колоколовъ, подымаются высокими столбами; всѣ эти фантастическія украшенія пещеръ обязаны своимъ происхожденіемъ одному и тому же процессу, и разнообразіе ихъ формы зависитъ отъ строенія потолка и дна пещеръ.

Среди русскихъ сталактитовыхъ пещеръ особенною извѣстностью пользуются пещеры *Чатыръ-Дага*, превосходно описанныя *Е. Марковымъ* въ его „Очеркахъ Крыма“. Знаменитая *Бимбашъ-Коба*, или „Тысячеголовая пещера“, сообщается съ дневною поверхностью посредствомъ узкой и длинной „лазѣйки“, по которой приходится пробираться ползкомъ; непріятность этого путешествія вполнѣ вознаграждается великолѣпіемъ картины, которая вдругъ развертывается передъ глазами изумленнаго зрителя. „Мнѣ никто не описывалъ заранѣе Бимбашъ-Коба“, говоритъ г. Марковъ, „и я совсѣмъ не готовился встрѣтить въ ней то, что встрѣтилъ. Я вдругъ очутился въ мрачной и таинственной индійской пагодѣ. Высокіе своды пропадали въ темнотѣ; колонны узорчатыя, витыя, будто сплетенныя изъ коралловъ цѣлыми букетами, поднимались кверху по стѣнамъ и угламъ; ихъ расписала какими то чудесными іероглифами невѣдомая рука... Со сводовъ падали десятками каменныя и хрустальныя паникадила; стояли посреди подземнаго храма великолѣпные массивные свѣщники странной работы, тоже сверкающіе, какъ хрусталь. Стояли огромные престолы и органы изъ тяжелаго хрусталя, безобразные каменные идолы, то коротенькіе и толстые, то высокіе, какъ столбы колоннъ... Одинъ подземный храмъ слѣдуетъ за другимъ, поднимаясь все выше и выше въ гору. Освѣщаемые мерцающимъ огнемъ нашихъ свѣчей, эти могильныя капища кажутся еще таинственнѣе; ихъ безчисленные сталактиты, вылившіеся во всевозможныя формы, гдѣ обрисовываются въ голубоватомъ фосфорическомъ туманѣ, гдѣ сверкаютъ яркими искрами на черномъ фонѣ глубокихъ сводовъ... Тѣни длинныя, неуловимыя и неуловимыхъ формъ, ползутъ по стѣнамъ широко и медленно или быстро перебѣгаютъ, какъ крыло испуганной ночной птицы, переплетаясь, пересѣкаясь, сливаясь другъ съ другомъ, смотря по движенію нашихъ огней... Колонады, жертвенники, идолы, курильницы—то выплываютъ изъ мрака, то тонутъ въ немъ, чтобы дать мѣсто новымъ рядамъ колоннъ и люстръ... На полу, между каменными сидѣньями, у подножія сталактитовыхъ истукановъ, насыпаны страшною грудой человѣческіе черепа. Желтые, какъ рѣпа, съ черными дырьями вмѣсто глазъ, съ оскаленными рядами зубовъ, покрытые землею и плѣсенью, гніютъ эти черепа въ своемъ великолѣпномъ сталактитовомъ склепѣ... Въ каждомъ придѣлѣ пещеры такія же кучи. Ихъ безъ вниманія топчетъ нога туриста, изумленно оглядывающаго эти известковые наплывы, придавшіе величіе храма темному склепу... Суруджи (проводникъ) разсказалъ намъ, что очень давно, еще при ханахъ, въ Бимбашъ-Кобѣ спрятались 1000 человѣкъ татаръ; ихъ разыскали тамъ не то турки, не то казаки и, чтобъ выгнать оттуда, зажгли передъ входомъ костры; дымъ задушилъ всѣхъ спрятавшихся, но никто не вышелъ и не сдался. Съ тѣхъ поръ эта пещера называется тысячеголовою, т.-е. Бимбашъ-Коба. Не знаю, насколько справедливъ разсказъ татарина, но по прекрасной идеальной формѣ черепа скорѣе кажутся греческими“. Другая извѣстная пещера Чатыръ-Дага—*Субу-Коба*, что значитъ „холодная“. Она рѣзко отличается своимъ характеромъ отъ Бимбашъ-Кобы. Входъ въ нее самый поэтическій. Онъ широкъ, какъ ворота дворца, но совершенно замаскированъ утесами, деревьями и кустами. Не лисьей норою, а тріумфальной аркою, украшенною зеленью, вы вступаете въ подземный гротъ; вамъ не нужно пригибаться и ползти, вы сразу очутитесь въ высокомъ обширномъ чертогѣ. Онъ уходитъ внизъ легкою покатостью и на всемъ протяженіи также высокъ, также свободно раздвинутъ. Вы идете здѣсь вольно и быстро, какъ по паркету бальной залы Субу-Коба не храмъ, не пагода; въ немъ не найдете идоловъ и обильной колоннады. Въ немъ нѣтъ и таинственности храма, но это роскошный заколдованный дворецъ подземнаго духа... Сталактиты и сталагмиты здѣсь далеко не достигаютъ грандіозныхъ размѣровъ Тысячеголовой пещеры, но они облили стѣны и потолки подземелья изящнѣйшею лѣпною работою; передъ вами то темная заманчивая ниша, то каминъ изъ точеныхъ колоннъ, замысловатые шкапчики по угламъ, кронштейны, карнизы, самый тонкій горэльефъ и барэльефъ на сводахъ и панеляхъ... Вы спускаетесь и видите, что въ сторонѣ отъ прохладныхъ большихъ залъ убѣгаютъ темные коридоры, галлереи, пещерки... Чѣмъ ниже сходите вы по наклонному полу грота, чѣмъ глубже опускаетесь въ толщи земли, тѣмъ влажнѣе становится почва подъ вашими ногами: вода сбѣгаетъ иногда ручейками и заливаетъ

каждую ямку; сталактитовъ и сталагмитовъ становится больше; форма ихъ причудливѣе и характернѣе. Иногда пустое основаніе разбитаго сталагмита обращается въ бассейнъ воды, которая собирается въ немъ, какъ въ каменномъ сосудѣ. Фонтаны и бассейны вообще обильно украшаютъ нижніе своды грота; съ молодыхъ сталактитовъ вода капаетъ холодными, тяжелыми и медленными каплями... Звукъ ихъ паденія глухо, но громко раздается подъ пустыми сводами... Дальше встрѣчаются уже настоящія ванны, до краевъ наполненныя водою.. Своды здѣсь совершенно опускаются къ полу, это — предѣлъ чертога. Но выходъ и здѣсь есть: низкія черныя подземелья ведутъ въ невѣдомыя глубины. Сталактиты раздѣляютъ ихъ на арки, стоятъ рѣшетками... Я спускался глубоко въ земныя нѣдра въ шахтахъ рудниковъ. Но первый разъ въ жизни пришлось мнѣ посѣтить эти пустынные, нерукотворные чертоги, скрытые въ глубинѣ земныхъ толщъ. Я никогда не воображалъ, чтобы столько простора и столько таинственнаго великолѣпія скрывала во чревѣ своемъ тяжелая кора нашей планеты“ (Е. Марковъ). Изъ европейскихъ сталактитовыхъ пещеръ едва ли не первое мѣсто занимаетъ по своей чарующей красотѣ „Лазурный гротъ“ на островѣ Капри; чудное описаніе его сдѣлано нашимъ путешественникомъ Яковлевымъ

Фантастическіе сталактиты, служащіе украшеніемъ подземныхъ пещеръ, требуютъ многихъ тысячелѣтій для своего образованія; по крайней мѣрѣ, надписи, вырѣзанныя на нихъ посѣтителями нѣкоторыхъ пещеръ въ XIII и XIV вѣкахъ, покрылись только весьма тонкимъ прозрачнымъ слоемъ углеизвестковой соли. Впрочемъ, иногда наблюдаются сталактиты, образовавшіеся такъ сказать, на глазахъ людей. Арки стараго каменнаго моста въ городѣ Юрьевѣ превратились въ настоящія сталактитовыя пещеры, своды которыхъ украшены капельниками до $^1/_2$ аршина длиною. Такіе же сталактиты были сняты съ потолка нѣкоторыхъ оранжерей въ ботаническомъ саду того же города. Наконецъ, слѣдуетъ назвать сталактиты, образовавшіеся въ нишахъ Потемкинскаго дворца въ Островкахъ на рѣкѣ Невѣ и на нижней поверхности Николаевскаго моста въ С.-Петербургѣ.

Перев.

Подобно сталактитамъ образуются известковые туфы *). Встрѣчая на своемъ пути скалистые уступы, ручей низвергается съ нихъ водопадомъ и разсыпается милліонами серебристыхъ брызгъ. Здѣсь опять мы находимъ условія, благопріятныя для выдѣленія углекислой извести. *Травертинъ*, доставляющій превосходный матеріалъ для великолѣпныхъ зданій Рима, образовался такимъ именно путемъ: онъ представляетъ известковыя отложенія рѣки Аніо, скоплявшіяся въ теченіе долгихъ вѣковъ; образованіе его можно и теперь наблюдать близъ Тиволи, гдѣ рѣка низвергается бѣшенымъ водопадомъ съ высотъ Апениннскихъ горъ и устремляется въ Кампанью.

Еще чаще образуются известковые натеки, благодаря дѣятельности *ключей*, которые встрѣчаются повсемѣстно въ областяхъ, богатыхъ известью. Даже въ такихъ мѣстахъ, гдѣ неизвѣстно древнихъ залежей известняковъ, напр., въ песчаниковомъ поясѣ Карпатовъ, нерѣдко происходятъ отложенія известковаго туфа, хотя и въ незначительныхъ размѣрахъ. Причина этого на первый взглядъ загадочнаго явленія чрезвычайно проста: медленно просачиваясь черезъ песчаники, зерна которыхъ связаны известковымъ цементомъ, вода переводитъ послѣдній въ растворъ и отлагаетъ на поверхности углекислый кальцій. Известковые туфы являются нерѣдко въ видѣ рыхлой породы, облекающей листья, стебли и другія части растеній, огромныя скопленія раковинъ, иногда кости и т. п. (см. рис. 359). Извѣстнѣйшій примѣръ этого рода представляютъ горячіе Карлбадскіе ключи въ Чехіи; отложенія ихъ, извѣстныя подъ названіемъ „шпрудельштейна“ (Sprudelstein) заполняютъ всю долину; выдѣленіе извести происходитъ здѣсь настолько быстро, что предметы, положенные въ воду, очень скоро облекаются ею. Въ нѣкоторыхъ источникахъ отложеніе извести обусло-

---

*) Подъ именемъ туфовъ разумѣютъ обыкновенно породы, образовавшіяся изъ вулканическихъ матеріаловъ; поэтому выраженіе „известковый туфъ“ — неправильно, но оно такъ укоренилось въ языкѣ, что избѣжать его употребленія немыслимо.

вливается дѣйствіемъ водорослей. Онѣ извлекаютъ изъ воды углекислоту и способствуютъ этимъ выдѣленію углекислаго кальція *).

Нѣкоторые горячіе ключи содержатъ въ растворѣ огромныя количества кремне-

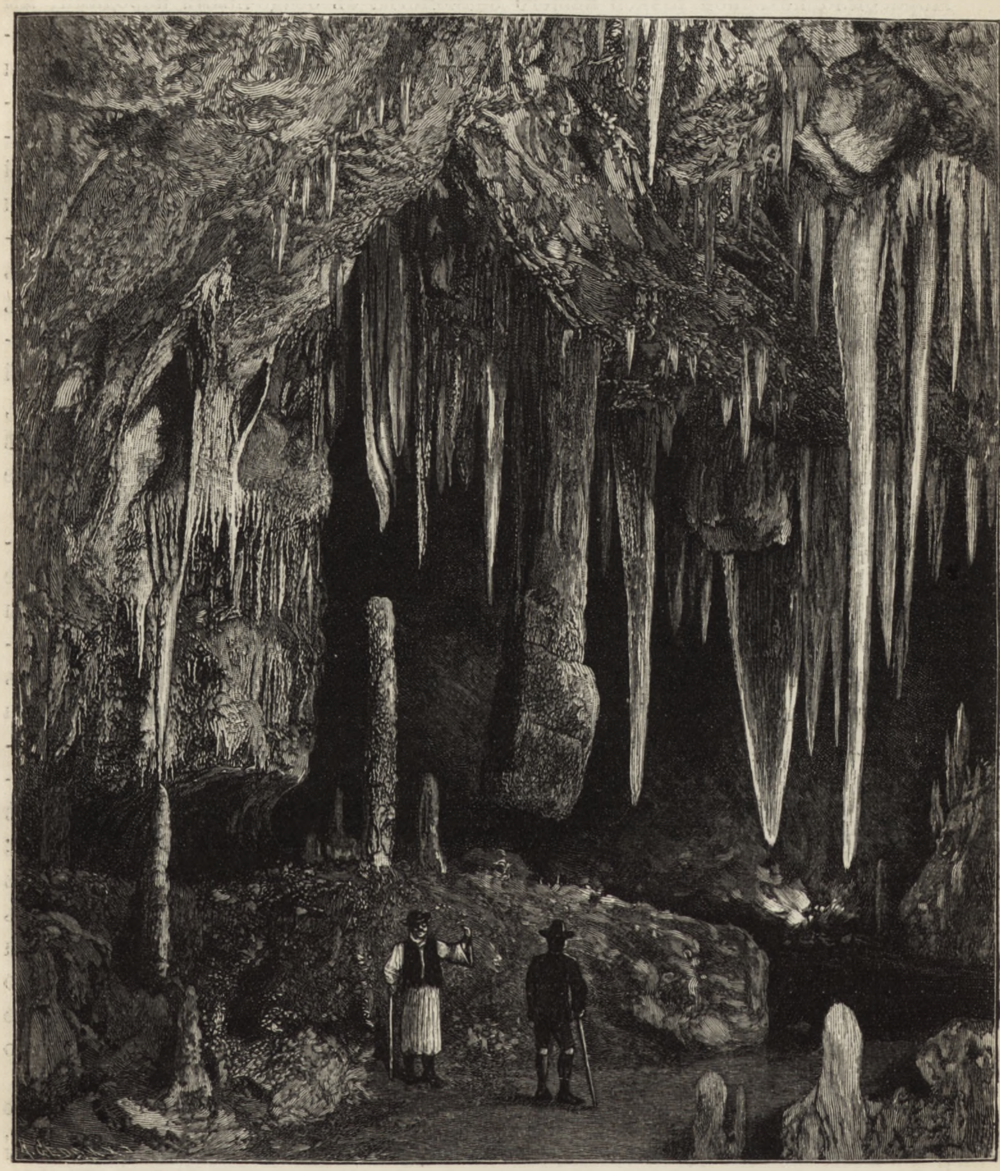


Рис. 356. Сталактиты Аггтелекской пещеры въ Венгріи. (Съ фотографіи.)

кислоты, которая находится въ природѣ въ видѣ кварца, опала, агата, кремней. При охлажденіи вода этихъ источниковъ выдѣляетъ кремнекислоту и даетъ начало бѣлоснѣжнымъ натекамъ кремнистаго туфа. Огромнаго развитія достигаютъ эти образо-

*) Въ Россіи туфовыя отложенія источниковъ достигаютъ значительнаго распространенія такъ, напр., около Гатчино (Петербургск. губ.) они, повидимому, заполнили бывшее озеро; недалеко отъ Петергофа близъ деревни Гостилицы туфъ занимаетъ долину, которая

ванія въ Исландіи, въ Іеллоустонскомъ Національномъ Паркѣ и на Новой Зеландіи. Выдѣленію кремнекислыхъ натековъ также способствуютъ водоросли, о чемъ мы уже говорили выше (см. стр. 484).

Море было исходной точкой нашего знакомства съ осадочными породами; мы вернемся къ нему опять съ тѣмъ, чтобы разсмотрѣть вопросъ о происхожденіи известняковъ: мы должны рѣшить, выдѣляется ли эта порода непосредственно изъ воды океана и можно ли этимъ процессомъ объяснить образованіе мощныхъ залежей древнихъ известняковъ. Какъ уже было указано выше, морская вода содержитъ ничтожныя количества углекислаго кальція и можетъ еще растворить огромныя массы этой соли; новѣйшія изслѣдованія показали, что на значительныхъ глубинахъ растворяются всѣ известковыя скорлупки и раковины, которыя падаютъ туда по смерти ихъ обитателей. Непосредственное отложеніе известняковъ въ открытомъ морѣ едва ли имѣетъ мѣсто при современныхъ условіяхъ; однако, въ ограниченныхъ прибрежныхъ областяхъ можетъ происходить выдѣленіе углекислаго кальція; особенно благопріятны условія въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ прибойныя волны достигаютъ значительной силы: вода теряетъ при этомъ бо́льшую часть содержащейся въ ней углекислоты, и способность ея растворять углекислую известь сильно понижается. Если невдалекѣ изливается въ море рѣка, богатая известью, то здѣсь могутъ накопляться мощные пласты известняковъ.

Однако, указаннымъ путемъ образуются ограниченныя залежи углекислаго кальція, и сравнительно съ океаническими известняковыми отложеніями распространеніе ихъ слишкомъ ничтожно. Является вопросъ: откуда же взялись огромные пласты морскихъ известняковъ, мощность которыхъ въ Альпахъ такъ поражаетъ насъ, и которые тянутся иногда на протяженіи многихъ квадратныхъ миль? И на ряду съ этимъ выступаетъ другое недоразумѣніе: куда дѣваются тѣ массы извести, которыя изъ года въ годъ доставляются въ море рѣками? Не должны ли въ океанѣ скопиться огромнѣйшія количества углекислаго кальція? За небольшими исключеніями эта соль преобладаетъ въ водѣ рѣкъ надъ всѣми другими минеральными веществами, но въ морѣ ея содержаніе такъ ничтожно, что едва-едва можетъ быть доказано при анализахъ; наоборотъ, поваренная соль, составляющая $^3/_4$ всѣхъ растворенныхъ въ морской водѣ веществъ, играетъ въ рѣкахъ слишкомъ подчиненную роль. Можно принять, что въ среднемъ каждыя 1000 частей рѣчной воды содержатъ 1 часть углекислой извести и что въ теченіе 15,000 лѣтъ рѣки принесутъ въ океанъ столько же воды, сколько находится въ немъ въ настоящую минуту; въ теченіе немногихъ тысячелѣтій море должно было бы насытиться углекислымъ кальціемъ; нѣтъ сомнѣнія, что это вещество

тянется вдоль Финскаго залива. Для построекъ эта пористая и малопрочная порода не годится, но за то она разрабатывается въ большихъ количествахъ для украшенія садовъ, акваріумовъ и т. п. Въ округѣ Пятигорскихъ минеральныхъ водъ залегаютъ огромныя массы туфа, сходнаго съ итальянскими травертинами. На склонахъ горы Машука они обладаютъ мощностью до 300 фут. и тянутся на протяженіи 5—6 верстъ въ длину и $1^1/_2$ версты въ ширину. Мѣстами туфъ образуетъ здѣсь цѣлыя горы до 200 фут. высотою (Горячая гора, Лермонтовская гора и др.); онъ представляетъ плотную полосатую породу, залегающую болѣе или менѣе правильными пластами и обнаруживающую тонкую слоистость. Въ массѣ его попадаются нерѣдко листья и вѣтви современнымъ деревьевъ, а также гальки старыхъ породъ. Пятигорскій туфъ представляетъ прекрасный строительный камень, изъ котораго сложенъ весь Пятигорскъ. Большія отложенія туфа паблюдаются въ Кисловодскѣ, Эссентукахъ, на горѣ Юцѣ и въ Желѣзноводскѣ; въ послѣдней изъ названныхъ мѣстностей извѣстны красноватые и желтоватые туфы, цвѣтъ которыхъ зависитъ отъ подмѣси железа.

Прим. перев.

извлекается изъ его воды и что существуетъ какой-то дѣятель, созидающій на днѣ океана мощные пласты известняковъ.

Этотъ дѣятель—животные и растительные *организмы*: двустворчатые, брюхоногіе, морскіе ежи, морскія звѣзды, морскія лиліи, кораллы и корненожки отлагаютъ

Рис. 357. Сталагмиты Аггтелекской пещеры въ Венгріи. (Съ фотографіи.)

безчисленныя известковыя скорлупки и скелеты; нѣкоторые виды водорослей также извлекаютъ изъ морской воды известь; разсматривая почву какой-либо прибрежной мѣстности, напр., Лидо у Венеціи, можно видѣть огромныя скопленія створокъ и раковинъ, выброшенныхъ моремъ; волны передвигаютъ ихъ впередъ и назадъ, разбиваютъ на части и придаютъ осколкамъ округлую форму: получаются бѣлыя известковыя зерна, не болѣе зеренъ обыкновеннаго морского песка, къ которому они всегда подмѣшаны; такимъ путемъ подготовляется матеріалъ, изъ котораго впослѣдствіи

образуются известковые песчаники. Въ другихъ мѣстахъ мы находимъ богатыя накопленія известковыхъ раковинъ и скорлупокъ, изъ которыхъ слагаются собственно известняки; перемѣшанные съ глинистымъ иломъ, они даютъ начало такъ называемымъ мергелямъ (рухлякамъ), которые представляютъ смѣсь глины и углекислаго кальція.

Рис. 358. Травертины, образованныя водопадомъ въ Тиволи.

Какимъ именно образомъ животные организмы поглощаютъ и выдѣляютъ известь, — въ настоящую минуту еще не выяснено. Естественно было бы предположить, что они непосредственно извлекаютъ изъ воды углекислый кальцій. Но такъ какъ содержаніе этой соли въ морѣ весьма незначительно, то можно думать, что главнымъ матеріаломъ для скорлупокъ и раковинъ служитъ гипсъ, растворенный въ значительно большемъ количествѣ. Весьма вѣроятно, что животные организмы извлекаютъ известь изъ различныхъ соединеній ея и что богатыя амміакомъ выдѣленія ихъ осаждаютъ углекислый кальцій. Если въ настоящую минуту мы еще не знакомы вполнѣ съ физіологическою стороною занимающаго насъ процесса, то во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что раковины и скорлупки образуютъ мощные осадки и что матеріаломъ для нихъ служитъ углекислый кальцій, поглощаемый изъ воды посредственно или непосредственно.

Какъ мы уже указывали, частицы извести, механически взвѣшенныя въ водѣ рѣкъ, мало-по-малу растворяются и не достигаютъ моря; почему же известковыя раковины и скорлупки не испытываютъ той же судьбы? Явленіе это тѣмъ болѣе загадочное, что въ морской водѣ содержится свободная углекислота, объясняется очень просто: строеніе известковыхъ образованій организмовъ препятствуетъ быстрому дѣйствію на нихъ воды. Если мы растворимъ въ соляной кислотѣ раковину какого-либо дву-

створчатаго, то останется студенистая масса, сохраняющую форму взятой раковины; послѣдняя прорѣзывается сѣтью органическихъ волоконъ, которыя облекаютъ углекислый кальцій и защищаютъ его отъ растворенія. Скорлупки нѣкоторыхъ моллюсковъ покрыты слоемъ эпидермиса; также и другія известковыя части скелетовъ защищены органической тканью. Опыты показали, что раковины устрицъ, обращенныя въ порошокъ, разъѣдаются кислотами медленнѣе, чѣмъ обыкновенная углеизвестковая соль.

Благодаря особенностямъ своего строенія, скелеты и раковины разныхъ животныхъ, а также скорлупки нѣкоторыхъ растеній сохраняются на днѣ, и въ теченіе долгихъ геологическихъ промежутковъ могутъ образовать мощныя скопленія. Крутыя скалы, вѣнчающія обрывы Швабскихъ и Франконскихъ вершинъ, прихотливо изрѣзанныя известняковыя цѣпи сѣверныхъ и южныхъ Альпъ, представляющія пласты въ нѣсколько тысячъ метровъ мощностью, известняки пустынныхъ карстовыхъ областей,—всѣ эти породы обязаны своимъ происхожденіемъ дѣятельности билліоновъ и трилліоновъ организмовъ, которые жили въ минувшія геологическія эпохи. Особенно поразительно, что главная роль въ образованіи известняковъ принадлежитъ не крупнымъ видамъ, а мельчайшимъ существамъ, которыхъ не всегда можно замѣтить невооруженнымъ глазомъ; нѣкоторыя изъ нихъ видны только при значительныхъ увеличеніяхъ.

Рис. 359. Травертинъ съ оттисками древесныхъ листьевъ, изъ Тиволи близъ Рима.

Едва ли можно указать другой фактъ, который бы съ такою наглядностью показывалъ, какъ громадны измѣненія, производимыя ничтожными дѣятелями. Скорлупки мельчайшихъ животныхъ падаютъ на дно. Цѣлыя тысячелѣтія нужны для того, чтобы эти нѣжныя образованія скопились въ видѣ пласта въ 1 миллим. мощностью. Но проходятъ геологическіе періоды, и порода, образовавшаяся изъ органическихъ известковыхъ остатковъ, выдвигается въ видѣ высокихъ горъ. Это служитъ самымъ лучшимъ поясненіемъ мысли, которая высказывалась нами уже не одинъ разъ: не мгновенно возникли тѣ величественныя образованія, которыя мы наблюдаемъ вокругъ и не громаднымъ силамъ обязаны они своимъ происхожденіемъ: все огромное и величественное является слѣдствіемъ постепеннаго сложенія малыхъ, незамѣтныхъ дѣйствій.

Образованіе известняковъ растеніями, моллюсками, иглокожими и кораллами.

Среди растеній образователями извести являются нѣкоторыя водоросли. Широко распространенныя въ настоящее время Lithothamnia (см. рис. 362—365, фиг. 1, a и b) одѣваютъ прибрежныя скалы толстымъ известковымъ покровомъ; въ глубинахъ отъ 10—70 метр. онѣ достигаютъ нерѣдко такого значительнаго развитія, что образуютъ обширныя и довольно мощныя скопленія извести. Нѣкоторые мощные пласты известняковъ конца третичнаго періода произошли также благодаря скопленію этихъ организмовъ: таковы, напр., известняки р. Лейты, являющіеся

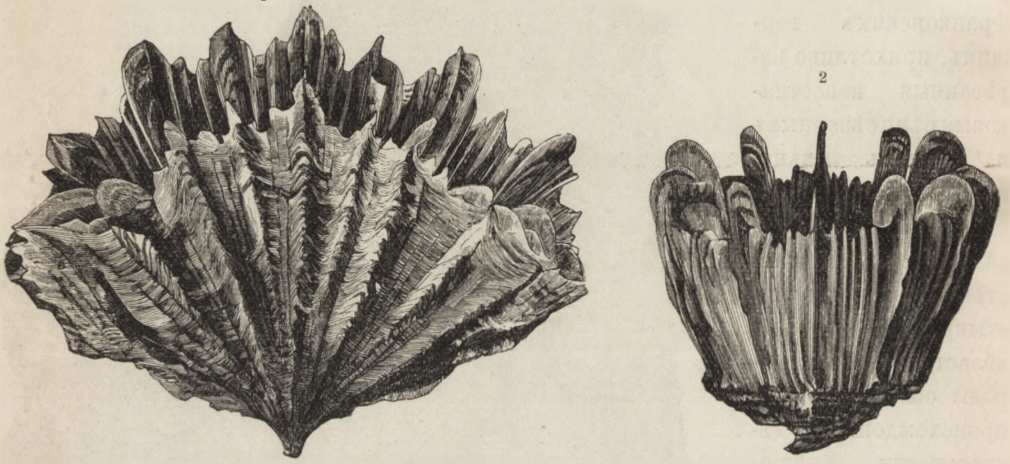


Рис. 360—361. Одиночные кораллы изъ глубоководныхъ частей моря: 1) Flabellum, 2) Ceratotrochus. (По Уивиллю Томсону.)

главнымъ строительнымъ матеріаломъ г. Вѣны. Въ тріасовый періодъ образователями известняковъ являются Dactylopidae (см. рис. 362—365, фиг. 2). Еще значительнѣе роль извѣстныхъ микроскопическихъ формъ, съ которыми мы познакомимся, говоря о глубоководныхъ отложеніяхъ.

Здѣсь мы скажемъ объ образованіи известняковъ вблизи береговъ и въ неглубокихъ частяхъ моря, гдѣ огромныя количества матеріала доставляются моллюсками, или мягкотѣлыми. Цѣлыя, болѣе или менѣе хорошо сохранившіяся скорлупки, крупные и мелкіе обломки ихъ, закругленныя зерна, образовавшіяся дѣйствіемъ волнъ, отлагаются въ береговой или литоральной (litus—берегъ) полосѣ вмѣстѣ съ глиной и пескомъ, а иногда и отдѣльно. Въ тѣхъ странахъ, гдѣ имѣется мало пелагическихъ (pelagus — море) известковыхъ образованій, относящихся къ древнимъ періодамъ, напр., на Британскихъ островахъ, скорлупки моллюсковъ являются главнѣйшимъ матеріаломъ, изъ котораго слагаются почти всѣ известняки. Въ современныхъ глубоководныхъ отложеніяхъ они играютъ второстепенную роль; то же наблюдается и въ известнякахъ минувшихъ періодовъ, за исключеніемъ самыхъ древнихъ.

Иглокожія, къ числу которыхъ относятся морскіе ежи, морскія звѣзды, морскія лиліи, нигдѣ не достигаютъ нынѣ значительнаго развитія и не принимаютъ виднаго участія въ образованіи горныхъ породъ; но въ минувшіе періоды жизни земли они

были, повидимому, болѣе распространены, чѣмъ теперь; особенно это слѣдуетъ сказать о морскихъ лиліяхъ или криноидеяхъ (см. рис. 367), которыя представляютъ въ настоящее время немного родовъ, въ минувшія же эпохи обнаруживали поразительное разнообразіе формъ и богатство недѣлимыхъ. Среди палеозойскихъ и мезозойскихъ отложеній мы нерѣдко находимъ известняки огромной мощности, цѣликомъ состоящіе изъ обломковъ членистыхъ стеблей, при помощи которыхъ эти животныя прикрѣпляются къ постороннимъ предметамъ. На рис. 366 изображенъ

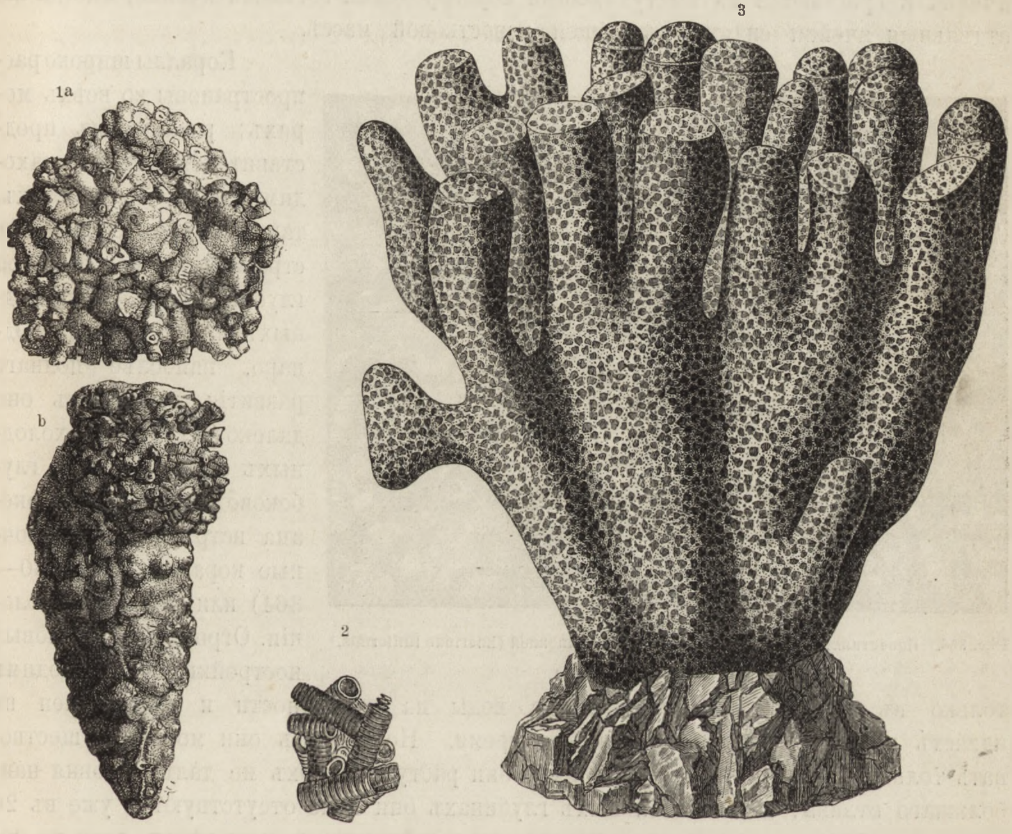


Рис. 362—365. 1) Lithothamnium съ о-ва Капри: a) самостоятельная особь, b) въ видѣ оболочки на раковинѣ моллюска (Cerithium vulgatum). 2) Dactyloporidae тріасоваго періода (Gyroporella). (По Гюмбелю). 3) Porites. (По Агассису.)

кусокъ такъ называемаго раковистаго известняка тріасовой системы: онъ сплошь состоитъ изъ члениковъ стебля и отдѣльныхъ табличекъ чашечки, принадлежащихъ морской лиліи Encrinus liliiformis. Одно изъ поразительныхъ скопленій этого рода находится въ Карпатахъ, на границѣ Венгріи и Галиціи: въ такъ называемомъ „поясѣ утесовъ“ почти всѣ среднеюрскіе пласты состоятъ изъ мощныхъ скопленій члениковъ морскихъ лилій; они тянутся отъ Кракова до окрестностей Эперье въ Сарозскомъ комитатѣ.

Однако, значеніе иглокожихъ отступаетъ на второй планъ сравнительно съ кораллами, огромныя постройки которыхъ являются однимъ изъ замѣчательнѣйшихъ чудесъ океана. Кораллы принадлежатъ къ большому классу кишечно-полостныхъ (Coelenteratae), которыя характеризуются лучистымъ строеніемъ и внутреннею по-

лостью безъ всякихъ слѣдовъ пищевода, желудка и кишечника *). Многіе изъ кораллов образуютъ чрезвычайно сложныя ячейки, внутри которыхъ видны лучисто-расположенныя перегородки. У однихъ видовъ каждая особь живетъ отдѣльно и имѣетъ свою собственную ячейку; наоборотъ, у другихъ многія особи соединяются въ одну колонію и образуютъ общій известковый скелетъ или полипнякъ. Въ послѣднемъ случаѣ отдѣльныя ячейки располагаются другъ подлѣ друга или срастаются въ длинные ряды; иногда лучистыя перегородки продолжаются за стѣнку ячейки и срастаются съ выступившими перегородками сосѣдней ячейки, иногда же отдѣльныя ячейки сидятъ въ общей известковой массѣ.

Рис. 366. Известнякъ, образованный остатками криноидей (Encrinus liliiformis.)

Кораллы широко распространены во всѣхъ моряхъ; различныхъ представителей ихъ мы находимъ какъ въ теплыхъ, такъ и въ холодныхъ странахъ, на значительной глубинѣ и въ мелководныхъ частяхъ моря. Однако, наиболѣе полнаго развитія достигаютъ они далеко не вездѣ: въ холодныхъ странахъ и въ глубоководныхъ частяхъ океана встрѣчаются одиночные кораллы (рис. 360—361) или небольшія колоніи. Огромныя коралловыя постройки мы находимъ только въ моряхъ, гдѣ температура воды на поверхности и вблизи нея не падаетъ ниже 20° Ц. даже въ зимнее время. Но и здѣсь они могутъ существовать только при извѣстныхъ условіяхъ: они растутъ вверхъ не далѣе уровня наибольшаго отлива; на значительныхъ глубинахъ они тоже отсутствуютъ: уже въ 20 саженяхъ (56,5 метр.) отъ поверхности они встрѣчаются весьма рѣдко, хотя по показаніямъ нѣкоторыхъ изслѣдователей живые экземпляры попадаются на глубинѣ до 40 саженей. Кораллы требуютъ совершенно чистой воды съ нормальнымъ содержаніемъ солей; появленіе механически взвѣшенныхъ твердыхъ частей и притокъ прѣсной воды губятъ даже большія колоніи. Береговыя полосы съ илистымъ дномъ, гдѣ вода мутится при каждомъ волненіи, не допускаютъ развитія кораллов; послѣдніе живутъ вдали отъ устьевъ рѣкъ, которыя несутъ твердыя минеральныя части и изливаютъ въ море прѣсную воду.

При благопріятныхъ условіяхъ колоніи кораллов разрастаются до огромныхъ раз-

*) Когда идетъ рѣчь о кораллахъ, то не слѣдуетъ подъ этимъ подразумѣвать тѣла, извѣстныя подъ именемъ красныхъ, благородныхъ кораллов; послѣдніе представляютъ внутренній скелетъ, свойственный только относительно небольшому числу видовъ; твердыя части кораллов, встрѣчающіяся въ громадныхъ массахъ и образующія горныя породы, представляютъ известковыя ячейки, которыя обладаютъ формою кубковъ, блюдечекъ или цилиндровъ и облекаютъ наиболѣе важныя мягкія части животнаго.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

СОВРЕМЕННЫЕ РИФОВЫЕ КОРАЛЛЫ.

(Писано съ натуры Е. Рансоннетомъ.)

мѣровъ. Однако можно отмѣтить значительныя пространства, гдѣ они отсутствуютъ таковъ, безъ всякихъ видимыхъ причинъ; напр., западный берегъ экваторіальной Америки; обыкновенно они развиваются въ мелководныхъ частяхъ тропическихъ морей, если находятъ здѣсь благопріятную почву. Непрерывно созидая свои известковые скелеты, эти нѣжныя животныя могутъ противустоять разрушительному дѣйствію морскихъ волнъ; замѣчено, что коралловыя постройки достигаютъ наиболѣе мощнаго развитія въ самыхъ бурныхъ моряхъ.

Мы не можемъ останавливаться на зоологическомъ описаніи коралловъ и назовемъ здѣсь только главнѣйшія формы этихъ животныхъ, живущія въ современныхъ моряхъ. Тамъ, гдѣ господствуетъ сильное волненіе, встрѣчаются прихотливо развѣтвляющіяся сооруженія миллепоръ и большіе стволы поритовъ (см.рис. 362—364, фиг. 3), скелетъ которыхъ представляетъ болѣе или менѣе рыхлую ткань, состоящую изъ известковыхъ тѣлецъ. Важное значеніе имѣютъ мадрепоры (рис. на стр. 6), богатые видами астреи (см. рис. 368), крупныя ячейки которыхъ располагаются другъ подлѣ друга, своеобразныя по своему строенію меандрины(см. рис. 369) съ ячейками, вытянутыми въ длинные извилистые ряды, и многіе другіе роды, перечислять которые мы не будемъ. На ряду съ кораллами значительныя отложенія извести производятъ нѣкоторые представители растительнаго міра; среди нихъ важное мѣсто слѣдуетъ отвести нуллипорамъ, которыя образуютъ скопленія неправильной формы или покрываютъ подводные предметы толстою корою (см. хромолит. рис. „Современные коралловые рифы“).

Рис. 367. Морская лилія (Pentacrinus Briaroides) изъ лейясовыхъ отложеній. (По Гольдфуссу.) Въ естественную величину.

Размѣры отдѣльныхъ особей весьма незначительны; особенно это слѣдуетъ сказать о миллепорахъ, поритахъ и мадрепорахъ; размножаясь почкованіемъ или

дѣленіемъ, онѣ образуютъ полипы, которые состоятъ изъ миріадовъ особей и обладаютъ огромными размѣрами. Куполообразныя постройки астрей и меандринъ достигаютъ 8 метровъ въ поперечникѣ, а пориты образуютъ мощные столбы до 6 метр. въ высоту. Но было бы большимъ заблужденіемъ думать, что всѣ эти огромныя сооруженія состоятъ изъ живыхъ особей: на самомъ дѣлѣ ихъ внутреннія части представляютъ омертвѣлый известковый скелетъ, и жизнь ютится только на внѣшней поверхности; въ огромныхъ куполахъ астрей живые кораллы образуютъ слой въ 12 мм., а въ стволахъ поритовъ — не болѣе 4 мм. Сколько требуется времени для образованія этихъ огромныхъ сооруженій, неизвѣстно; нѣкоторыя единичныя данныя заставляютъ думать, что ихъ ростъ продолжается значительно болѣе одной человѣческой жизни.

Образованіе коралловыхъ рифовъ и атолловъ.

Огромныя скопленія построекъ коралловъ приводятъ къ образованію *коралловыхъ рифовъ* или коралловыхъ островов, которые имѣютъ широкое распространеніе въ экваторіальныхъ частяхъ океана. Формы ихъ чрезвычайно разнообразны, и многія особенности ихъ не нашли еще надлежащаго объясненія. Какъ уже было указано, рифовые кораллы встрѣчаются не далѣе 20 саж. отъ поверхности моря и на значительныхъ глубинахъ вовсе отсутствуютъ. Однако, извѣстны коралловые острова, выдвигающіеся непосредственно среди океана, гдѣ глубина достигаетъ многихъ тысячъ метровъ; подводныя части такихъ островов образуютъ весьма крутые обрывы. Прежде думали, что рифовые кораллы начинаютъ свои сооруженія съ неизмѣримыхъ глубинъ и доводятъ ихъ до поверхности моря. Такъ объяснялъ это явленіе 100 лѣтъ назадъ нѣмецкій ученый Рейнгольдъ Форстеръ, сопровождавшій Кука въ его путешествіяхъ и сдѣлавшій первое описаніе коралловыхъ построекъ. Но когда было доказано, что кораллы живутъ только въ мелкой водѣ и что глубокія части рифа представляютъ омертвѣлые скелеты, объясненіе

Рис. 368. Astraea pallida въ $^1/_2$ естеств. величины.

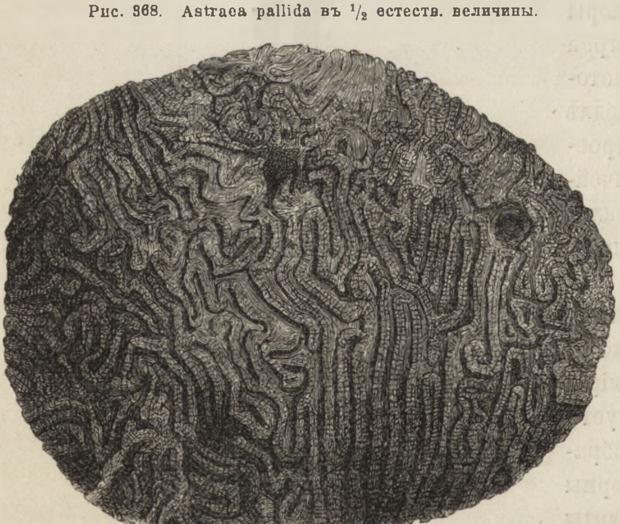


Рис. 369. Diploria cerebralis. (По Дана.)

Форстера оказалось несостоятельнымъ, и взамѣнъ его была предложена другая гипотеза: думали, что коралловые острова лежатъ на вершинахъ подводныхъ вулкановъ; но и это предположеніе не было подтверждено дальнѣйшими изслѣдованіями. Существованіе огромнаго числа огнедышащихъ горъ, которыя выдвигаются съ неизмѣримыхъ глубинъ океана и подымаются почти до самой его поверхности, представлялось мало вѣроятнымъ, а кромѣ того, размѣры многихъ атолловъ (кольцеобразныхъ коралловыхъ островов) не позволяютъ ставить ихъ въ связь съ вулканами: огромныя кольца ихъ достигаютъ 50—60 морскихъ миль, что значительно превосходитъ діаметры всѣхъ извѣстныхъ кратеровъ.

Правильное объясненіе этихъ замѣчательныхъ образованій дали Дарвинъ и Дана, посѣтившіе многіе изъ коралловыхъ островов Тихаго океана. Хотя съ тѣхъ поръ прошелъ уже не одинъ десятокъ лѣтъ, но идеи названныхъ изслѣдователей нашли блестящее подтвержденіе и были видоизмѣнены только въ самыхъ незначительныхъ подробностяхъ. Разсмотримъ сначала наиболѣе простой случай. Въ тропическихъ мо-

Рис. 370. Высокій островъ съ барьернымъ и окаймляющимъ рифами. (По Дана.)

ряхъ кораллы возводятъ свои постройки у самаго берега; онѣ образуютъ кольцо, обрамляющее сушу и подымающееся со дна моря до уровня наиболѣе глубокаго отлива; это кольцо распространяется кнаружи до тѣхъ поръ, пока имѣются условія, благопріятныя для жизни коралловъ, т.-е. пока глубина не превышаетъ 20 саженей; далѣе рифъ круто обрывается. Такимъ образомъ возникаетъ особый типъ коралловыхъ сооруженій, которыя непосредственно примыкаютъ къ берегу материка или острова и носятъ названіе *окаймляющихъ* или *береговыхъ* рифовъ (Saum-oder Küstenriffen).

Коралловыя постройки этого рода широко распространены въ теплыхъ моряхъ и по неизвѣстнымъ причинамъ отсутствуютъ въ большей части Атлантическаго океана, даже въ его экваторіальныхъ областяхъ. Примѣръ наиболѣе близкихъ и доступныхъ коралловыхъ построекъ мы находимъ у береговъ Краснаго моря, которые въ очень многихъ мѣстахъ окаймляются береговыми рифами. Вотъ что пишетъ *О. Фраассъ*, посѣтившій эти мѣста: „У Коссейра впервые развернулась передо мной чудная картина южной фауны, которая ютится здѣсь на коралловыхъ банкахъ; послѣднія представляютъ сооруженія мадрепоръ, алціоній, миллепоръ и астрей. Вдоль всего Краснаго моря тянутся у береговъ рифы, достигающіе нѣсколькихъ тысячъ шаговъ въ ширину; воды бѣшено волнуются около нихъ, и суда держатся вдали отъ этихъ мѣстъ.

„Если смотрѣть на свѣтло-зеленую поверхность моря съ возвышеннаго мѣста, то рифы сразу бросаются въ глаза; бѣлая полоса прибойныхъ волнъ рѣзко отграничиваетъ ихъ отъ темно-голубыхъ водъ глубокаго моря. У устьевъ рѣкъ, которыя большую

часть года остаются сухими, но прежде были богаче водою, береговой рифъ разрывается, образуя проходъ, шириною въ 10—100 метр. и больше; сюда направляетъ шкиперъ свою барку, и здѣсь находитъ онъ защиту отъ страшныхъ бурь, которыя такъ часто случаются въ этомъ морѣ. Всѣ перерывы береговыхъ рифовъ отлично извѣстны мѣстнымъ судохозяевамъ; во время отлива въ такихъ мѣстахъ не трудно достигнуть кораллового сооруженія съ суши. Я посѣтилъ тотъ рифъ, который располагается у Эль-Тора близъ Коссейра; ширина его различна и достигаетъ нѣсколькихъ сотъ шаговъ; въ серединѣ рифа не видно кораллов, и только у края, крутопадающаго въ море, можно наблюдать жизнь колоніи; кораллы находятся на глубинѣ 4—6 метр.; но вода такъ прозрачна, что хочется достать ихъ рукою. Рифъ можно сравнить съ сѣрою известковою скалою, на верхней поверхности которой не замѣтно и слѣдовъ коралловой постройки. Только отбивъ молоткомъ кусокъ зернистой породы, можно видѣть ея строеніе. Но на самомъ краю жизнь такъ и кипитъ! Здѣсь нѣтъ даже крошечнаго уголка, гдѣ бы не видно было движенія. Раки, кольчатые черви, моллюски, иглокожіе въ огромномъ множествѣ устилаютъ банку. Нѣкоторые виды такъ многочисленны, что каждая отдѣльная особь теряется въ общей массѣ, какъ капля въ морѣ. Богатство недѣлимыхъ тѣмъ болѣе поразительно, что нѣкоторые виды остаются въ теченіе всей своей жизни на одномъ мѣстѣ, за которое имъ не приходится вести борьбу съ другими существами.

Рис. 371—372. 1) Новая Каледонія съ ея барьерными рифами. (По Дарвину.) 2) Мальдивскіе острова. (По Дарвину.)

„Рифъ падаетъ крутыми обрывами въ глубину, уступая мѣсто волнамъ, которыя свирѣпствуютъ около его края; здѣсь процвѣтаютъ огромные голотуріи (морскія кубышки) и актиніи, а между вѣтвями мадрепоръ ютятся огромныя тридакны (исполинскія двустворчатыя). Скала, которая со стороны берега кажется мертвою, оживаетъ все болѣе; куда ни кинешь взоръ, — всюду движутся безчисленные организмы, и въ глубинѣ прозрачныхъ водъ мерцаютъ щупальцы кораллов".

Этотъ простѣйшій случай образованія рифовъ даетъ ключъ къ пониманію болѣе сложныхъ явленій. Кораллы селятся около берега, размножаются здѣсь до тѣхъ поръ, пока имѣются условія, благопріятныя для ихъ жизни, и образуютъ простой рифъ въ родѣ описаннаго выше. Представимъ себѣ, что въ этомъ мѣстѣ происходитъ измѣненіе относительнаго положенія суши и моря, именно, уровень воды подымается, а берегъ осѣдаетъ. Вслѣдствіе этого въ нижнихъ частяхъ окаймляющаго рифа кораллы должны погибнуть, такъ какъ они могутъ существовать неглубже 20 саж. Но съ другой стороны, по мѣрѣ подниманія уровня моря, рифъ будетъ разрастаться вверхъ, пока

не достигнетъ высоты наиболѣе низкаго отлива. Такимъ образомъ высота рифа будетъ постепенно увеличиваться, и по прошествіи долгаго времени, когда уровень моря подымется на значительную высоту, коралловые известняки достигнутъ огромной мощности. Однако, рифъ разрастается далеко неравномѣрно во всю его ширину. Изъ описанія Фрааса мы уже видѣли, что внутренняя, обращенная къ берегу сторона состоитъ изъ мертвыхъ ячеекъ и что кораллы пышно разрастаются только на наружномъ краю, тамъ, гдѣ море находится въ постоянномъ волненіи. Хотя это явленіе

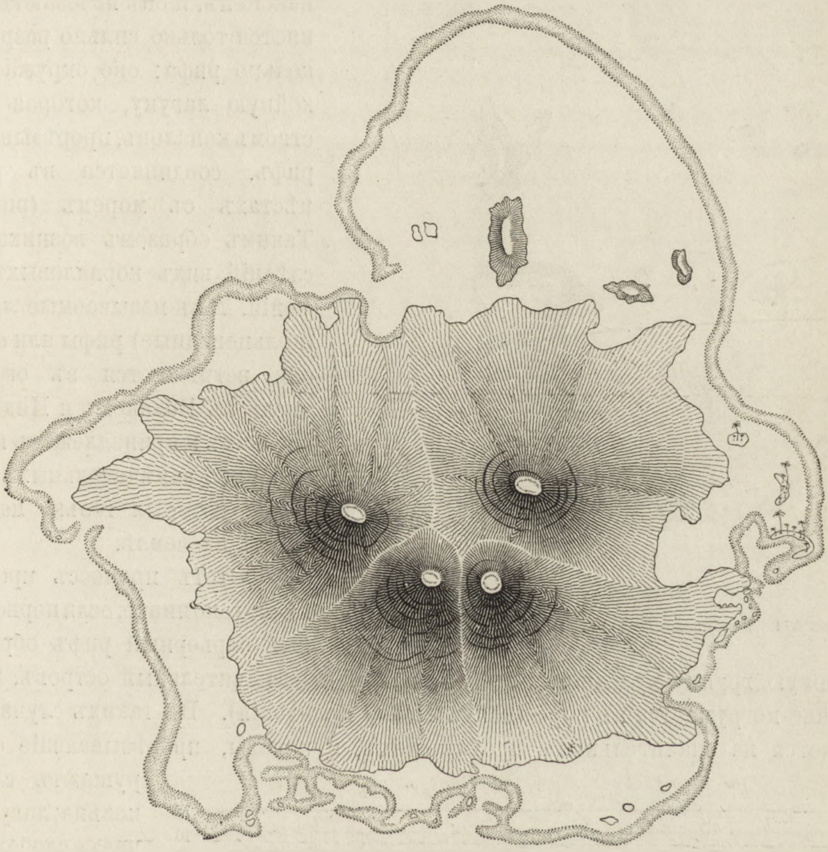


Рис. 373. Островъ Понапэ. (По Дарвину.)

не вездѣ выражено рѣзко и въ нѣкоторыхъ случаяхъ ростъ коралловыхъ построекъ продолжается у берега, но наибольшей быстроты и силы онъ достигаетъ на сторонѣ, обращенной къ открытому морю. Вслѣдствіе этого образуется валъ, отдѣленный отъ суши полосою спокойной воды, такъ называемой *лагуной;* внутри послѣдней около самаго берега можетъ появиться новый окаймляющій рифъ (см. рис. 370).

Такимъ образомъ возникаютъ *барьерные* рифы, также имѣющіе весьма широкое распространеніе; особеннаго развитія достигаютъ они у сѣверо-восточнаго берега Австраліи: здѣсь барьерный рифъ тянется на протяженіи 1100 англійскихъ миль и отдѣляется отъ берега полосою воды въ 20—30 миль шириною. Новокаледонскій рифъ достигаетъ 400 англ. миль въ длину (см. рис. 371—372, фиг. 1); на ряду съ этими выдающимися представителями мы встрѣчаемъ много другихъ барьерныхъ рифовъ въ тропическихъ частяхъ Великаго и Индѣйскаго океана; единичные при-

мѣры извѣстны также и въ Атлантическомъ океанѣ. Въ большинствѣ случаевъ коралловыя постройки обрамляютъ небольшія группы вулкановъ, выступающія среди моря (см. рис. 373). Если движеніе береговой линіи продолжается и островъ все болѣе погружается въ море, то лагуна расширяется, и кораллы все выше воздвигаютъ свою постройку (см. рис. 374). При дальнѣйшемъ продолженіи этого процесса отъ острова остаются только одинокія вершины, тутъ и тамъ выступающія изъ воды, наконецъ, и онѣ исчезаютъ; сохраняется только сильно разросшееся кольцо рифа; оно окружаетъ спокойную лагуну, которая посредствомъ каналовъ, прорѣзывающихъ рифъ, соединяется въ разныхъ мѣстахъ съ моремъ (рис. 376). Такимъ образомъ возникаетъ послѣдній видъ коралловыхъ сооруженій, такъ называемые *лагунные* (кольцевидные) рифы или *атоллы*. они встрѣчаются въ огромномъ числѣ въ Великомъ и Индѣйскомъ океанахъ и принадлежатъ къ числу наиболѣе замѣчательныхъ образованій, которыя только намъ извѣстны на землѣ.

Рис. 374. Гамбирскіе острова. (По Дарвину.)

Этотъ процессъ протекаетъ нѣсколько иначе, если первоначальный барьерный рифъ обрамляетъ не одинокую группу вулкановъ, а болѣе или менѣе значительный островъ, который постепенно погружается въ море (напр., Новая Каледонія). Въ такихъ случаяхъ онъ прерывается на значительныхъ протяженіяхъ, и каналы, прорѣзывающіе его, нарушаютъ связность кольца; лагуна получаетъ свободное соединеніе съ моремъ, и воды ея теряютъ свое спокойствіе; вмѣстѣ съ тѣмъ создаются условія, благопріятныя для развитія кораллов внутри ея. Вслѣдствіе этого барьерный рифъ распадается на цѣлый рядъ самостоятельныхъ атолловъ, которые во всей ихъ совокупности сохраняютъ еще очертанія первоначальнаго острова. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ прежде выдвигались горы, образуются новые лагунные рифы, и нѣкоторые изъ нихъ достигаютъ значительныхъ размѣровъ; эти рифы въ свою очередь могутъ разбиться на рядъ мелкихъ атолловъ. Примѣромъ такихъ сложныхъ коралловыхъ образованій можетъ служить Малединскій архипелагъ, расположенный къ западу отъ Цейлона: онъ состоитъ изъ 17 атолловъ перваго порядка и 12,000 небольшихъ островов и простирается отъ 9° сѣв. шир. до 15° южн. шир. По свидѣтельству Дарвина эта группа

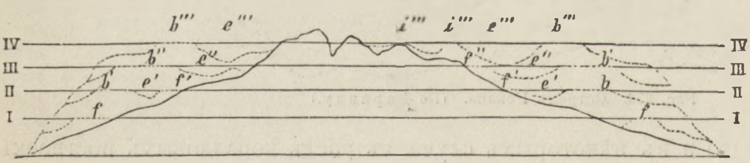


Рис. 375. Схема образованія барьернаго рифа. (По Дана.)

возникла на мѣстѣ большого осѣвшаго острова, который, подобно Новой Каледоніи, былъ первоначально окруженъ барьернымъ рифомъ (см. рис. 371—372, фиг. 2).

Схематическій рис. 375 можетъ служить для нагляднаго представленія роста атолловъ. Неразрывная кривая на этомъ чертежѣ представляетъ разрѣзъ первоначальнаго острова, горизонтальныя линіи I, II, III, IV — различныя положенія поднимающагося уровня моря и, наконецъ, пунктиры — постепенно нарастающія коралловыя постройки.

Когда уровень воды стоитъ на линіи I, образуется простой береговой рифъ f; по прошествіи многихъ тысячелѣтій море подымется до линіи II, и соотвѣтственно этому разрастутся постройки коралловъ; между барьернымъ рифомъ b и островомъ образуется лагуна e′ и у самаго острова нарастетъ новый береговой рифъ f′; когда уровень океана достигнетъ линіи III и IV, произойдетъ слѣдующее: слѣва выдвинется простой барьерный рифъ b″, b‴, а справа на мѣстѣ погрузившихся горъ явятся новые рифы i‴, которые вмѣстѣ съ прежними образуютъ систему колецъ, расположенныхъ другъ за другомъ. Поднявшись еще выше, вода закроетъ высшія вершины острова; въ это время возникнетъ настоящій атоллъ (см. рис. 380).

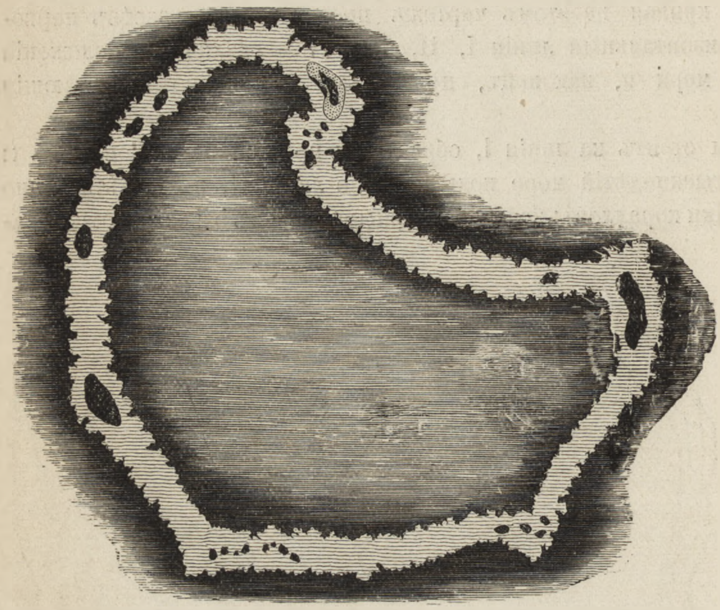
Рис. 376. Атоллъ Перосъ-Банхосъ.

До сихъ поръ мы видѣли, что коралловыя постройки могутъ возникнуть только при описанныхъ выше условіяхъ; такимъ образомъ долженъ происходить этотъ процессъ и въ природѣ: по крайней мѣрѣ, другое объясненіе въ настоящее время немыслимо, и всѣ подобныя попытки оказались несостоятельными; такъ, напр., указывали, что при поднятіи дна моря или при пониженіи его уровня на подводныхъ высотахъ быстро накопляются известковые осадки, происхожденіе которыхъ должно быть приписано разнымъ глубоководнымъ морскимъ животнымъ; когда мель, возникшая такимъ образомъ поднимется на значительную высоту и глубина воды надъ нею не будетъ превышать 20 саженей, начнутъ и кораллы свои постройки; такимъ образомъ послѣднія только вѣнчаютъ рифъ, нижнія части котораго состоятъ изъ известковыхъ отложеній другихъ животныхъ.

Опредѣленное рѣшеніе вопроса можно было бы получить посредствомъ буреній атолла, и, дѣйствительно, работы, произведенныя на Оаху у Гонолулу, показали, что мощность коралловыхъ известняковъ достигаетъ здѣсь 200 метр. Впрочемъ, и неза-

висимо отъ этого можно убѣдиться въ полной неосновательности только-что изложенной теоріи. Изслѣдованія глубоководныхъ частей океана, произведенныя въ послѣднее время, показали, что всѣ осадки органическаго происхожденія состоятъ изъ рыхлыхъ массъ и покрываютъ дно океана въ видѣ горизонтальныхъ или почти горизонтальныхъ пластовъ; единственнымъ исключеніемъ являются коралловыя постройки, круто поднимающіяся съ морского дна. Въ тѣхъ частяхъ океана, гдѣ не могутъ существовать кораллы, безусловно не извѣстны плотные известняки съ крутымъ паденіемъ склоновъ; между тѣмъ атоллъ Килинга въ Индѣйскомъ океанѣ падаетъ на глубину болѣе 650 метр. и образуетъ склоны около 50°; можно было бы назвать огромное количество подобныхъ коралловыхъ рифовъ. Образованіе ихъ можетъ быть объяснено только теоріей Дарвина и Дана, и выше изложенная гипотеза падаетъ сама собой.

1



2

Рис. 377—378. 1) Стюартовъ атоллъ: темные штрихи обозначаютъ морскую воду, свѣтлые — рифъ; начерно затушеванныя части рисунка соотвѣтствуютъ островамъ, выступающимъ надъ уровнемъ моря и одѣтымъ растительностью; 2) небольшая часть рифа представленная въ увеличенномъ видѣ. (По Гохштеттеру.)

Вслѣдствіе непрерывнаго просачиванія морской воды, содержащей известь, массы, составляющія рифъ, перекристаллизовываются, и органическое строеніе умершихъ кораллов быстро замаскировывается. Кромѣ того, въ рифовыхъ известнякахъ мы не находимъ даже и слабыхъ слѣдовъ той богатой фауны, которая населяетъ сооруженія кораллов. Морскія волны, разбиваясь о рифъ, обламы-

ваютъ куски умершихъ коралловъ вмѣстѣ съ раковинами, иглокожими и другими животными, ютившимися между развѣтвленіями полипняка, и выбрасываютъ ихъ на плоскую поверхность рифа. Грозныя бури и сильныя приливныя волны обрываютъ огромныя глыбы. Эти обломки служатъ водѣ какъ бы жерновами. Каждая волна передвигаетъ ихъ впередъ и назадъ, растираетъ и полируетъ при ихъ помощи осколки раковинъ и коралловъ; такъ образуется „коралловый песокъ". Эта разрушительная дѣятельность моря усиливается цѣлымъ рядомъ животныхъ: многочисленные бурящіе моллюски, черви, губки прорѣзываютъ коралловый рифъ и размельчаютъ его массы въ тончайшій илъ; извѣстныя рыбы питаются кораллами и раздробляютъ зубами ихъ известковыя ячейки; въ томъ же направленіи дѣйствуютъ нѣкоторыя голотуріи и раки. Образующійся такимъ образомъ песокъ ложится между вѣтвями коралловой постройки и покрываетъ ея поверхность; затвердѣвая, онъ превращается въ такъ называемый *рифовый камень* (Riffstein); этотъ чрезвычайно плотный известнякъ не трудно принять за породу древняго происхожденія. Иногда закругленные обломки связываются цементомъ и образуютъ конгломераты. Эти известковыя массы совершенно замаскировываютъ строеніе рифа, и только у краевъ его ютятся живыя колоніи и, постепенно разрастаясь, препятствуютъ разрушенію рифа. Впрочемъ, и край не всегда бываетъ покрытъ живыми кораллами, которые нерѣдко вымираютъ на значительныхъ протяженіяхъ.

Рис. 379. Такъ называемый „цвѣточный горшокъ" — остатокъ кораллового острова, разрушеннаго моремъ. (По Гохштеттеру.)

Рис. 380. Идеальный атоллъ. (По Дана.)

Мелкіе известковые обломки покрываютъ не только поверхность рифа: они падаютъ на его склоны, сглаживая неровности и заполняя пустоты известковымъ пескомъ и иломъ. Этотъ матеріалъ скопляется здѣсь въ огромныхъ массахъ и образуетъ круто падающіе пласты известняка; послѣдніе въ видѣ покрова облекаютъ весь рифъ (Uebergusschichten). Такія же образованія наблюдались и въ

древнихъ коралловыхъ известнякахъ; таковы, напр., доломитовые рифы тріасовой системы въ южномъ Тиролѣ (см. рис. 385).

Созидающая дѣятельность кораллов и сопровождающихъ ихъ морскихъ растеній и животныхъ продолжается не далѣе уровня самой низкой воды, а потому непосредственно этимъ путемъ не можетъ образоваться островов; процессъ ихъ созиданія завершаютъ морскія волны; онѣ приносятъ известняковые обломки и отлагаютъ ихъ на поверхности рифа; такъ образуются болѣе или менѣе значительныя скопленія рыхлаго матеріала, подымающіяся до уровня самыхъ высокихъ волнъ. Но островъ можетъ расти и дальше: здѣсь главнымъ дѣятелемъ является уже вѣтеръ, сгоняющій известковый песокъ въ извѣстныя мѣста, гдѣ онъ образуетъ скопленія въ родѣ дюнъ. Благодаря дѣйствію воды рыхлыя массы затвердѣваютъ. Такимъ образомъ возникаютъ знаменитые *коралловые острова;* иногда они выступаютъ одиноко въ разныхъ частяхъ атолла (рис. 377—378), иногда занимаютъ значительную часть кольца (см. рис. 381), иногда весь атоллъ становится островомъ. Море, выдвинувшее эти острова изъ глубины своихъ водъ, не даетъ имъ оставаться пустынными, лишенными жизни; волны приносятъ

Рис. 381. Островъ Св. Троицы.

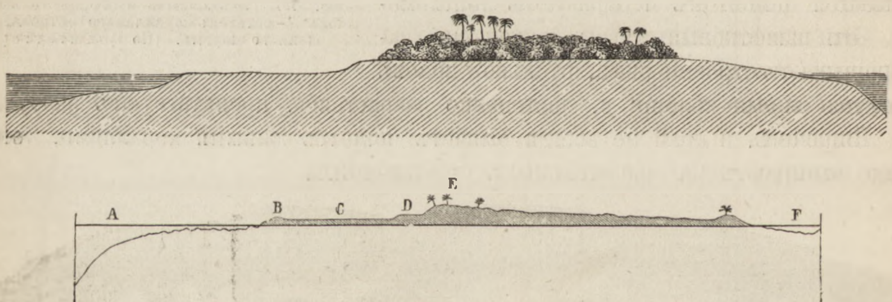


Рис. 382—383. Размѣръ кораллового рифа: вода на уровнѣ отлива: слѣва — открытое море, справа — лагуна. (По Дана.)

сѣмена разныхъ растеній, главнымъ образомъ кокосовые орѣхи; появляются ростки, и скоро вся ярко-бѣлая известковая скала одѣвается пышною растительностью. Тысячи людей заселяютъ коралловые острова Тихаго и Индѣйскаго океановъ. Но эти узкія полосы известковой земли могутъ существовать только подъ защитою создавшихъ ихъ крошечныхъ организмовъ, — коралловъ и нуллипоръ и если послѣдніе вымираютъ, островъ быстро разрушается дѣйствіемъ морскихъ волнъ. Такъ исчезли многія изъ коралловыхъ сооруженій, и только незначительныя развалины свидѣтельствуютъ объ ихъ прежнемъ существованіи (рис. 379). Сильные приливы и грозные ураганы не разъ поглощали населеніе этихъ островов. Но болѣе всего бѣдствій влекутъ за собою землетрясенія. При сильныхъ подземныхъ ударахъ, часто случающихся у западнаго берега Южной Америки, море приходитъ въ дикое движеніе; огромныя волны распространяются по всему Великому океану и достигаютъ отдаленныхъ бере-

говъ Австраліи, Китая и Японіи (см. стр. 340); съ бѣшеною силою устремляются они на коралловые острова, затопляютъ и опустошаютъ ихъ.

Форма и величина атолловъ чрезвычайно разнообразна; они выступаютъ въ видѣ округлыхъ, эллиптическихъ и неправильныхъ колецъ и иногда обладаютъ діаметромъ въ нѣсколько англійскихъ миль, иногда же достигаютъ 30, 60 и даже 80 миль въ поперечникѣ. При такой громадности атолла, ширина самаго рифа весьма незначительна и обыкновенно колеблется между $^1/_4$ и $^1/_2$ англ. мили. Наружный край, выступающій изъ воды только во время глубокаго отлива (А на рис. 382—383), состоитъ изъ обширныхъ колоній поритовъ и миллепоръ, между которыми проходятъ глубокіе

Рис. 384. Наклонные пласты рифоваго известняка на Бермудскихъ островахъ. (По Уивиллю Томсону.)

каналы. Этотъ край атолла ограничивается съ внутренней стороны узкою полосою известковыхъ водорослей, которыя защищаютъ коралловое сооруженіе отъ морскихъ волнъ и образуютъ валъ до 1 м. высотою (В). За валомъ лежитъ плоская поверхность рифа (С) съ горизонтальными пластами коралловаго известняка. На этой поверхности, заливаемой водою во время прилива, выступаютъ острова въ 200—300 м. отъ края рифа. Далѣе поднимается крутой выступъ въ 2—3 м. высотою (D), остающійся сухимъ даже во время высокихъ приливовъ; на немъ иногда мы находимъ затвердѣвшія скопленія коралловаго песку (Е), уровня которыхъ достигаетъ вода только во время сильныхъ бурь; здѣсь развивается наземная растительность (см. рис. 382), и здѣсь островитяне строятъ свои дома.

Геологъ, на долю котораго выпало счастье посѣтить одинъ изъ такихъ острововъ, съ удивленіемъ изслѣдуетъ плотные коралловые известняки; они напоминаютъ

отложенія древнихъ періодовъ, и присутствіе ихъ на островѣ, который недавно выдвинулся изъ нѣдръ моря, является поразительнымъ. Характеръ залеганія этихъ породъ также своеобразенъ. Вѣтеръ несетъ на острова рыхлый известковый песокъ и образуетъ дюны; при каждомъ новомъ порывѣ бури отлагаются новые пласты мелкозернистаго матеріала. Такъ образуется известково-песчаный холмъ, который дѣйствіемъ просачивающейся воды обращается въ плотный известнякъ; пласты послѣдняго обладаютъ чрезвычайно крутымъ паденіемъ. Съ поразительною отчетливостью выступаетъ это явленіе на Бермудскихъ островахъ; рис. 384 представляетъ примѣръ такихъ навѣянныхъ вѣтромъ пластовъ.

Рис. 385. Облекающіе пласты шлернскаго доломита близъ Пордойскаго перевала въ южномъ Тиролѣ. (По Мойсисовичу.)

Внутри рифа располагается спокойная лагуна съ ея ровною поверхностью воды. Здѣсь также живутъ кораллы, но уже другихъ видовъ. Лагуна защищена отъ сильныхъ бурь, и дно ея покрыто мелкимъ известковымъ пескомъ и иломъ. Здѣсь обитаютъ многочисленные представители животнаго міра: двустворчатыя, брюхоногія, иглокожія и др. Въ рѣдкихъ случаяхъ, какъ, напр., на островѣ Св. Троицы (рис. 381), рифъ образуетъ замкнутое кольцо, обыкновенно же послѣднее прорѣзывается каналами, нерѣдко значительной глубины и ширины; суда свободно проѣзжаютъ здѣсь и находятъ въ лагунѣ покойную гавань. Образованіе этихъ каналовъ относится къ тому времени, когда существовалъ въ серединѣ древній островъ, окруженный барьерными рифами; въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ ручьи и рѣки несли въ море прѣсную воду, рифъ прерывался, и эти то разрывы сохранились въ видѣ каналовъ и послѣ исчезновенія центральнаго острова.

Участіе корненожекъ въ образованіи известняковъ. Бѣлый глубоководный илъ.

Несмотря на громадность современныхъ коралловыхъ сооруженій и на большія массы древнихъ коралловыхъ известняковъ, распространеніе животныхъ, созидавшихъ эти породы, довольно ограничено. Иное слѣдуетъ сказать о тѣхъ известковыхъ отложеніяхъ, которыя состоятъ изъ скорлупокъ корненожекъ (рис. 392—396), стоящихъ въ своей организаціи значительно ниже коралловъ.

Долгое время ученые не подозрѣвали о существованіи этихъ животныхъ. Въ 1731 году итальянскій изслѣдователь Беккари замѣтилъ при помощи лупы въ морскомъ пескѣ на берегу Равенны огромное множество мелкихъ известковыхъ скорлупокъ; послѣднія скоро были найдены въ разныхъ другихъ мѣстахъ, и мало-по-малу установилось убѣжденіе, что эти образованія являются самыми распространенными во всѣхъ моряхъ. О громадности ихъ можно судить по слѣдующимъ даннымъ: Максъ Шульцъ изслѣдовалъ песокъ въ Моло ди Гаета близъ Неаполя и, отдѣливъ крупныя его зерна, нашелъ въ 1 унціи около $1^1/_2$ милліона такихъ скорлупокъ; въ общемъ онѣ составляли около половины всей массы взятаго песку.

Вблизи береговъ скорлупки корненожекъ почти всегда перемѣшаны съ пескомъ и иломъ, и только въ немногихъ мѣстахъ онѣ отлагаются самостоятельно. Этимъ прибрежнымъ накопленіямъ относительно большихъ корненожекъ, повидимому, родственны отложенія древнихъ періодовъ, которыя съ давнихъ временъ привлекали вниманіе ученаго міра, и особенно такъ называемые нуммулитовые известняки начала третичнаго періода (рис. 397). Эти мощныя отложенія состоятъ почти исключительно изъ большихъ корненожекъ, называемыхъ нуммулитами. Распространеніе современныхъ образованій этого рода довольно ограничено, но нуммулитовые известняки минувшихъ эпохъ развиты на всемъ пространствѣ отъ Пиренейскихъ горъ до Великаго океана и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ образуютъ значительныя горы. Другіе известняки третичнаго возраста состоятъ изъ альвеолинъ, а известняки каменноугольнаго періода — изъ фузулинъ. Въ Парижской котловинѣ крошечныя корненожки образуютъ пласты известняка, изъ которыхъ построена большая часть столицы Франціи.

Огромное распространеніе третичныхъ нуммулитовыхъ известняковъ и каменноугольныхъ фузулиновыхъ образованій является исключительнымъ: корненожки прибрежной полосы и мелководныхъ частей океана образуютъ сравнительно небольшую часть современныхъ осадковъ. Наоборотъ, въ глубокихъ областяхъ океана, куда не достигаютъ механическіе осадки, дно покрыто отложеніями, которыя на огромныхъ пространствахъ состоятъ изъ скорлупокъ корненожекъ.

Уже давно при изслѣдованіи различныхъ частей океана лотъ извлекалъ осадки, состоящіе главнымъ образомъ изъ корненожекъ, на эти находки обращали мало вниманія; когда Форбсъ изслѣдовалъ Эгейское море (въ 1843 г.) и на глубинѣ болѣе 500 м. не нашелъ никакихъ признаковъ животной жизни, тогда распространилось убѣжденіе, что глубоководныя части океана лишены всякаго населенія. Несмотря на ошибочность этого вывода, изслѣдованія Форбса имѣли громадное значеніе: они показали, что различные виды животныхъ живутъ лишь на извѣстныхъ глубинахъ, и что, направляясь отъ берега къ глубокому морю, можно установить рядъ поясовъ съ различнымъ населеніемъ; съ тѣхъ поръ ученіе о вертикальномъ распространеніи живот-

ныхъ заняло видное мѣсто въ зоогеографіи и оказало огромное вліяніе на развитіе геологіи и палеонтологіи.

Однако, предположеніе, что глубокія части океановъ такъ же бѣдны организмами какъ Эгейское море, оказалось неправильнымъ: мало-по-малу накоплялось все болѣе и болѣе фактовъ, которые доказывали противоположное, но только изслѣдованія

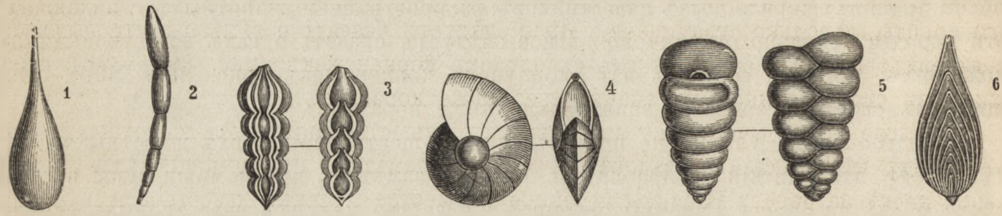


Рис. 386—391. Различныя корненожки въ сильно увеличенномъ видѣ: 1) Lagena, 2) Dentelina, 3) Nodosaria, 4) Cristellaria, 5) Textularia, 6) Frondicularia.

Сарса и Торелля, какъ бы по мановенію волшебнаго жезла, сразу пролили свѣтъ на жизнь глубоководныхъ частей океана и дали сильный толчокъ къ изученію ихъ; съ тѣхъ поръ было произведено много плодотворныхъ изслѣдованій этого рода. Прежде всего въ Сѣверной Америкѣ были снаряжены экспедиціи для изученія западной части Атлантическаго океана отъ Вестъ-Индіи на сѣверъ; въ Германіи были произведены чрезвычайно важныя изысканія Балтійскаго и Нѣмецкаго морей; но первое мѣсто въ ряду такихъ предпріятій принадлежитъ Англіи, гдѣ Карпентеръ, Гуинъ Джеффрейсъ и главнымъ образомъ Уивилль Томсонъ руководили научными экспедиціями. Многочисленныя поѣздки судовъ Лайгтнингъ и Поркюпинъ имѣли цѣлью изученіе Атлантическаго океана отъ Ферерскихъ острововъ до Гибралтара и Средиземнаго моря до Мальты. Огромное значеніе имѣла экспедиція „Чаллэнджера“ подъ начальствомъ Томсона; участниками ея состояли многіе естествоиспытатели, располагавшіе всѣми научными средствами; въ теченіе трехъ лѣтъ они изслѣдовали Атлантическій и Великій океаны вплоть до Южнаго Ледовитаго моря. Далѣе слѣдуетъ отмѣтить работы нѣмецкаго военнаго судна „Газель“ въ Атлантическомъ, Великомъ и Индѣйскомъ океанахъ, а также экспедиціи американскихъ судовъ „Тускарора“ въ Великомъ океанѣ и „Черный“ — въ Антильскомъ морѣ. Итальянскія суда „Вашингтонъ“ и „Ветторъ Пизани“, французскій корабль „Работникъ“ и австрійскій „Пола“ изслѣдовали Средиземное море; князь Монакскій Альбертъ совершилъ поѣздку по Атлантическому океану, а русскіе ученые изслѣдовали Черное море. Наконецъ, большое значеніе имѣли поѣздки нѣмецкаго суда „Національ“, посвященныя исключительно изслѣдованію растеній и животныхъ на поверхности моря; отсюда экспедиція эта и получила названіе „планктонной“.

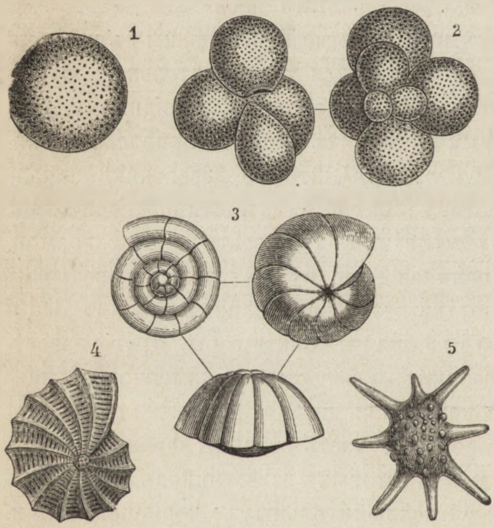


Рис. 392—396. Различныя корненожки въ сильно увеличенномъ видѣ: 1) Orbulina, 2) Globigerina, 3) Rotalia, 4) Polystomella, 5) Calcarina

Этими изслѣдованіями начинается въ геологіи и въ физической географіи моря новая эра; факты накопляются столь быстро и ведутъ къ такимъ многочисленнымъ и цѣннымъ выводамъ, что въ настоящую минуту нельзя еще опредѣлить всего громаднаго значенія этихъ изслѣдованій.

Задачи, которыя должны были разрѣшить экспедиціи послѣднихъ лѣтъ, чрезвычайно разнообразны: предметомъ ихъ изслѣдованій были составъ морской воды и ея удѣльный вѣсъ, содержаніе газовъ и распредѣленіе температуры, глубина океана, рельефъ дна и осадки, покрывающіе его, организмы, принимающіе участіе въ ихъ образованіи и цѣлый рядъ другихъ явленій. Для вопроса, который занимаетъ насъ въ настоящую минуту, чрезвычайно важны тѣ изслѣдованія, которыя были произведены при помощи особыхъ неводовъ, такъ называемыхъ „драгъ".

Устройство этого снаряда чрезвычайно просто: это треугольная или четыреугольная стальная рама въ $1^1/_2$ м. длиною и $^1/_2$ м. шириною; она снабжена мѣшкомъ, достигающимъ въ длину $1^1/_2$ м.; внизу укрѣпляется большой прутъ, на которомъ виситъ нѣсколько пеньковыхъ кистей; волочась по дну они зацѣпляютъ множество различныхъ животныхъ, и послѣднія выносятся на поверхность совершенно неповрежденными (см. рис. 398—399). Съ успѣхомъ пользовались также и другого рода неводомъ, который представляетъ кошель съ тяжелой желѣзной рамой у его отверстія; эта рама состоитъ изъ двухъ большихъ стремянъ въ 1,2 м. длиною и 0,8 шириною; они соединяются посредствомъ двухъ желѣзныхъ трубокъ, каждая въ 3 м. длиною. Такіе снаряды спускаются на проволочныхъ канатахъ и при движеніи корабля волочатся по дну моря; по истеченіи нѣкотораго времени, когда кошель успѣетъ наполниться иломъ и животными, обитающими на днѣ, его извлекаютъ на поверхность и содержимое подвергаютъ изслѣдованію. Въ новѣйшее время пользуются, кромѣ того, особаго рода вершами, которыя оставляются на днѣ въ теченіе 10—12 часовъ.

Рис. 397. Нуммулитовый известнякъ.

Въ короткомъ описаніи эти изслѣдованія кажутся чрезвычайно простыми, но въ дѣйствительности приходится бороться съ цѣлымъ рядомъ трудностей и успѣхъ зависитъ часто отъ счастливой случайности. Драгу приходится опускать на глубину до 1 мили: раскручиваніе и вытягиваніе огромнаго каната представляется дѣломъ далеко не простымъ. Канатъ проходитъ черезъ блокъ, укрѣпленный на большой реѣ, драга перебрасывается черезъ бортъ и сначала падаетъ подъ вліяніемъ собственной тяжести; но черезъ нѣкоторое время канатъ перестаетъ далѣе опускаться, и приходится подвѣшивать прибавочную тяжесть (100—150 гер.). На протяженіи всего каната укрѣпляются на извѣстныхъ разстояніяхъ небольшія сѣти, которыя должны захватить животныхъ, плавающихъ на различной глубинѣ. Онъ вытягивается при помощи паровой лебедки, и цѣлые часы проходятъ прежде, чѣмъ окончится эта тяжелая ра-

бота. Мѣшокъ извлекается на поверхность, и содержимое его подвергается изслѣдованію. Часто, однако, всѣ труды не увѣнчиваются успѣхомъ; иногда канатъ оказывается короткимъ и не достигаетъ дна, иногда подводное теченіе выбрасываетъ изъ драги все, что попадаетъ въ нее, иногда и другія случайности мѣшаютъ успѣху.

Какъ ни трудны подобныя изслѣдованія, тѣмъ не менѣе добытые уже результаты чрезвычайно цѣнны; они показываютъ, что на глубинахъ, куда не проникаетъ ни одинъ лучъ солнечнаго свѣта и гдѣ царитъ давленіе въ 10 милліоновъ кгр. на 1 кв. м., существуетъ богатое населеніе. Особенно важное значеніе имѣютъ для насъ данныя объ образованіи известковыхъ осадковъ низшими организмами.

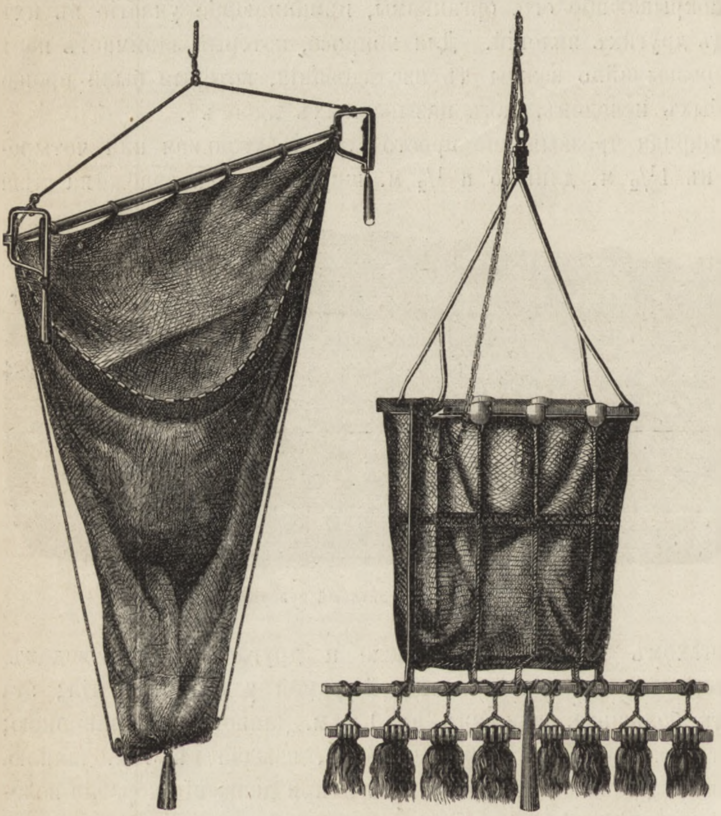


Рис. 398—399. „Драга", употребляемая при изслѣдованіи морскаго дна.

Какъ было упомянуто выше, обыкновенный песокъ и илъ отлагаются въ узкомъ прибрежномъ поясѣ. За предѣлами послѣдняго и до глубины 2200 саж. (около 4000 м.) дно моря почти повсюду покрыто своеобразнымъ известковымъ осадкомъ, который пріобрѣтаетъ особенно широкое распространеніе въ Атлантическомъ океанѣ. Свѣжій илъ, добытый отсюда, представляетъ желтоватую или слегка сѣроватую липкую массу, которая при высыханіи бѣлѣетъ и получаетъ видъ обыкновеннаго мѣла; микроскопическое изслѣдованіе показываетъ, что этотъ илъ состоитъ исключительно изъ остатковъ мельчайшихъ организмовъ.

Главное участіе въ его образованіи принимаютъ корненожки: первое мѣсто слѣдуетъ отвести роду Globigerina, вслѣдствіе чего и самый илъ называется глобигериновымъ; далѣе видная роль принадлежитъ родамъ Orbulina и Pulvinulina. Отчасти мы находимъ здѣсь вполнѣ сохранившіеся экземпляры, отчасти болѣе или менѣе значительные обломки, измѣненные дѣйствіемъ морской воды. Скопляясь на днѣ моря въ огромныхъ массахъ, онѣ даютъ начало широко распространеннымъ известковымъ отложеніямъ.

Когда былъ открытъ этотъ замѣчательный фактъ, явился вопросъ о происхожденіи разсматриваемыхъ морскихъ осадковъ,—живутъ ли корненожки на днѣ океана, или онѣ плаваютъ близко къ поверхности, и скорлупки ихъ послѣ смерти своихъ обитате-

лей падаютъ внизъ. Многie годы были потрачены на уясненie этихъ вопросовъ, и теперь ихъ можно считать окончательно рѣшенными. Изслѣдованія „Чаллэнджера“ показали, что глобигерины принадлежатъ къ пелагическимъ организмамъ, живущимъ въ верхнихъ частяхъ моря (къ планктону). Поверхности ихъ крошечныхъ скорлупокъ покрыты длинными известковыми иглами, которыя помогаютъ животнымъ держаться въ водѣ (см. стр. 7 и рис. 400). Умершія глобигерины и орбулины падаютъ на дно непрерывнымъ дождемъ, ихъ иглы обламываются, и скорлупки ихъ, погружаясь внизъ, все болѣе растворяются морскою водою. Вслѣдствіе этого глобигерины, скопляющіяся на днѣ, обладаютъ матовыми разрушенными поверхностями и не имѣютъ иглъ.

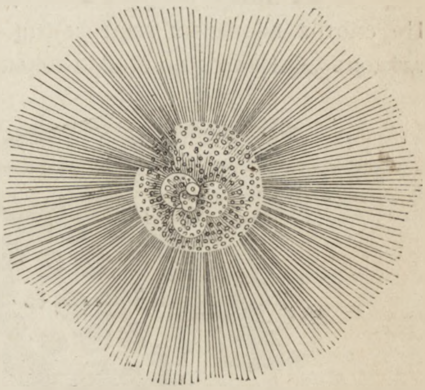


Рис. 400. Orbulina съ известковыми иглами. (По Бютшли.)

Однако, глобигериновый илъ образуютъ не исключительно названные роды корненожекъ. На ряду съ ними находятся многочисленные остатки другихъ животныхъ, выдѣляющихъ известь (см. рис. 406) и даже кремнистыя скорлупки радіолярій, которыя впрочемъ играютъ подчиненную роль. Чрезвычайно важное участіе въ составѣ бѣлаго известковаго ила принимаютъ мелкія тѣла, видимыя только при весьма сильныхъ увеличеніяхъ; они обладаютъ формою кружковъ или палочекъ и носятъ названье кокколитовъ, коккосферъ и рабдолитовъ. *Кокколиты* являются въ видѣ круглыхъ или эллиптическихъ известковыхъ пластинокъ съ ядромъ въ серединѣ и даже при увеличеніи въ 1000 разъ обладаютъ чрезвычайно малыми размѣрами (см. рис. 401—405); подъ именемъ же *рабдолитовъ* разумѣютъ мелкія известковыя палочки, которыя иногда соединяются въ шарообразныя массы, такъ называемыя *рабдосферы*.

Рис. 401—405. Кокколиты и коккосферы, увеличенные въ 1000 разъ.

Относительно происхожденія этихъ крошечныхъ тѣлъ долгое время царило заблужденіе, вызванное слишкомъ поспѣшнымъ стремленіемъ оправдать теорію Дарвина въ самомъ ея основаніи. Первыя микроскопическія изслѣдованія бѣлаго глубоководнаго ила были произведены надъ матеріаломъ, который сохраняли въ весьма крѣпкомъ спиртѣ. Въ массѣ ила были найдены клочья своеобразной слизи, заключавшей въ себѣ множество кокколитовъ; эта слизь была принята за бѣлковое вещество протоплазму, съ которой она представляла много сходства; отсюда былъ сдѣланъ выводъ, что дно моря покрыто сплошной массой этого органическаго вещества, лишеннаго всякаго строенія и всякой внѣшней формы; предполагалось, что она образуется здѣсь непосредственно изъ неорганическихъ соединеній, а рабдолиты и кокколиты разсматривались какъ внутреннія выдѣленія этого простѣйшаго организма, получившаго названіе „батибія“ (т. е. живущій въ глубинѣ). При этомъ невольно припоминались старинныя гипотезы Окена и другихъ натурфилософовъ,

которые полагали, что на днѣ моря образуется изъ неорганическихъ веществъ первобытная слизь, которая даетъ начало всему живому. Такимъ образомъ связь между органическимъ и неорганическимъ мірами была отыскана, и загадка о происхожденіи жизни рѣшена. Но, къ сожалѣнію, вся теорія оказалась глубокимъ заблужденіемъ, и батибіи, послѣ „кратковременнаго, но блестящаго существованія“, были вычеркнуты изъ списка живыхъ существъ.

И въ этомъ вопросѣ экспедиція „Чаллэнджера“ имѣла весьма важное знаніе. Не смотря на самыя тщательныя изслѣдованія, въ свѣжемъ илѣ не было найдено и слѣдовъ „батибія“; но стоило только положить его въ крѣпкій спиртъ, и своеобразныя

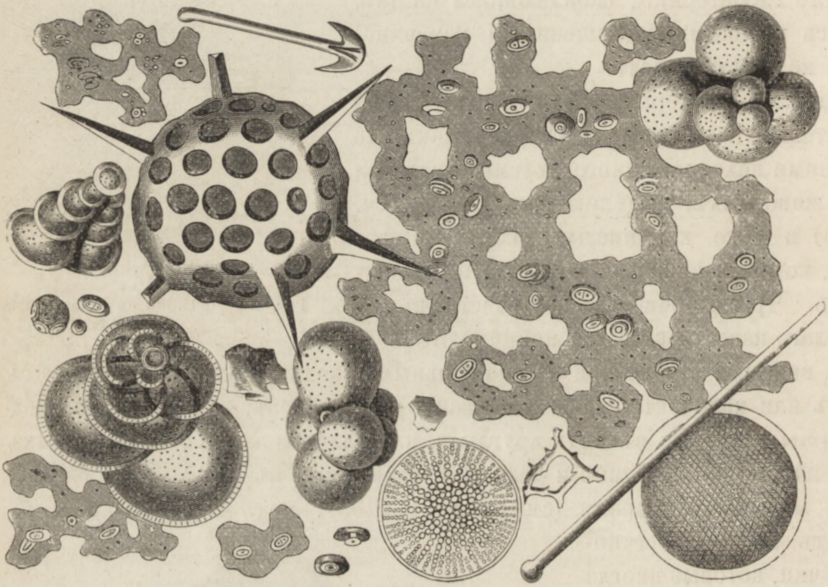


Рис. 406. Глубоководный илъ съ корненожками, радіоляріями, діатомовыми, остатками губокъ, кокколитами и батибіемъ. (По Геккелю.)

хлопья тотчасъ же являлись. Загадочная слизь была подвергнута химическому изслѣдованію и оказалась хлопьями гипса, который подъ микроскопомъ обнаруживаетъ большое сходство съ протоплазмой. Какъ извѣстно морская вода содержитъ значительныя количества гипса, который въ спирту почти нерастворимъ, а потому при прибавленіи послѣдняго морская вода даетъ осадокъ. Что же касается кокколитовъ и рабдолитовъ, которые билліонами и трилліонами покрываютъ дно, то они оказались пелагическими водорослями, которыя всего лучше развиваются въ теченіяхъ открытаго океана и подобно корненожкамъ послѣ смерти падаютъ на дно.

На ряду съ безчисленными остатками известковыхъ организмовъ въ глобигериновомъ илѣ не рѣдко встрѣчаютъ тѣла, состоящія изъ кремнекислоты. Прежде всего слѣдуетъ указать остатки губокъ. Твердый скелетъ морскихъ губокъ состоитъ изъ рогового вещества (обыкновенныя „греческія“ губки), извести или кремнекислоты. Роговыя и даже известковыя губки плохо сохраняются; иное слѣдуетъ сказать о кремневыхъ губкахъ, скелеты которыхъ состоятъ изъ весьма большихъ и очень разнообразныхъ по формѣ иголъ, которыя сростаются другъ съ другомъ самыми различными способами. Еще недавно полагали, что кремневыя губки принадлежатъ къ вымершимъ видамъ, и что въ настоящее время наблюдаются только весьма рѣдкіе

представители ихъ; однако новѣйшія изслѣдованія показали, что такъ называемыя *„стеклянныя“* губки (рис. 409—410, фиг. 2) чрезвычайно многочисленны и имѣютъ широкое распространеніе въ глубокихъ моряхъ. Но въ еще большемъ количествѣ эти своеобразныя существа заселяли моря минувшихъ эпохъ.

По смерти животнаго его кремневый скелетъ въ большинствѣ случаевъ распадается на отдѣльныя иглы. Въ настоящее время ихъ находятъ на днѣ моря въ незначительномъ количествѣ, но не то было прежде: какъ показали изслѣдованія Гюмбеля и Циттеля массивныя породы средней Германіи и Карпатовъ цѣликомъ состоятъ изъ такихъ иголъ (рис. 409—410, фиг. 1).

Гораздо большее распространеніе въ современныхъ моряхъ имѣютъ такъ называемыя радіоляріи; эти животныя близки къ корненожкамъ, но обладаютъ болѣе высокою организаціей; ихъ нѣжный кремневый скелетъ представляетъ чрезвычайно разнообразныя формы: иногда это — рѣшетчатые шарики или колокола, скучивающіеся въ огромномъ множествѣ, иногда — просто скопленіе многочисленныхъ иголъ. Подобно глобигеринамъ и орбулинамъ онѣ также плаваютъ въ морской водѣ и, падая послѣ своей смерти на дно, принимаютъ извѣстное участіе въ образованіи глобигериноваго ила. Въ нѣкоторыхъ странахъ они скопляются въ видѣ самостоятельныхъ отложеній, о которыхъ мы будемъ говорить въ слѣдующей главѣ. Наконецъ кремневыя части бѣлаго глубоководнаго ила содержатъ также нѣжныя створки кремнеземокъ или діатомовыхъ водорослей. Всѣ эти виды весьма распространены въ морѣ, но они только въ рѣдкихъ случаяхъ образуютъ сплошныя кремнистыя отложенія, въ родѣ тѣхъ, какія мы наблюдаемъ на границѣ Южнаго Ледовитаго океана: Діатомовые живутъ также и въ прѣсной водѣ, гдѣ они образуютъ полировальные сланцы (подобные тѣмъ, какіе находятся у Билина въ Чехіи), и рыхлыя кремнистыя отложенія (трепелъ) состоящія изъ отдѣльныхъ палочекъ и представляющія по своему виду извѣстное сходство съ мѣломъ. Большая часть Берлина подстилается этою породою, находимою также въ сѣверогерманской равнинѣ и въ другихъ мѣстахъ.

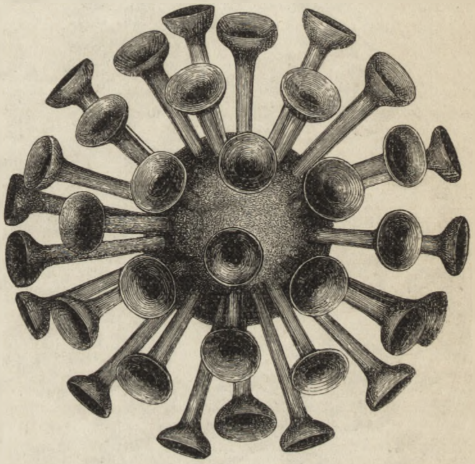


Рис. 407. Рабдосфера, сильно увеличенная. (По Уивиллю Томсону.)

Въ современныхъ моряхъ не существуетъ известковыхъ осадковъ, которые обладали бы такимъ громаднымъ распространеніемъ, какъ глобигериновый илъ; это заставляетъ предположить, что и въ прежніе періоды жизни земли существовали подобныя же образованія. Такимъ образованіемъ является *бѣлый мѣлъ* (рис. 408), распространенный отъ Англіи и Скандинавскаго полуострова до сѣверной Африки и Сиріи. И здѣсь главную массу породы образуютъ корненожки и кокколиты, хотя представителями первыхъ являются уже другіе виды, именно Textularia и Rotalia (рис. 386—391). Подобно глобигериновому илу, мѣлъ содержитъ кремнекислоту органическаго происхожденія въ формѣ желваковъ кремня. Матеріалъ для образованія послѣднихъ доставляли скелеты и иглы губокъ, радіолярій и діатомовыхъ.

Еще болѣе близки къ бѣлому глубоководному илу плотные красные и бѣлые

известняки, встрѣчающіеся главнымъ образомъ въ Альпахъ. При изслѣдованіи подъ микроскопомъ эти породы оказываются совершенно свободными отъ механическихъ подмѣсей; онѣ состоятъ изъ корненожекъ и кокколитовъ, среди которыхъ попадаются также и радіоляріи. Въ этихъ известнякахъ встрѣчается вымершая группа головоногихъ,—такъ называемые аммониты (стр. 42): одни экземпляры ихъ сохранились прекрасно, на другихъ же видны слѣды происходившаго растворенія. Въ нѣкоторыхъ известнякахъ раковины аммонитовъ даже вовсе отсутствуютъ, и вмѣсто нихъ мы встрѣчаемъ въ огромномъ множествѣ такъ называемыя аптихи, т. е. трудно растворимыя крышечки этихъ животныхъ. Иногда наблюдается переходъ аммонитовыхъ и аптиховыхъ известняковъ въ радіоляріевыя породы, что еще больше увеличиваетъ ихъ сходство съ глобигериновымъ иломъ, который связывается съ рядіоляріевымъ пломъ рядомъ переходныхъ членовъ. Присутствіе марганцовыхъ конкрецій указываетъ на глубоководное происхожденіе аммонитовыхъ известняковъ: по крайней мѣрѣ, широкое распространеніе такихъ конкрецій въ глубокихъ частяхъ океана доказано изслѣдованіями „Чаллэнджера“.

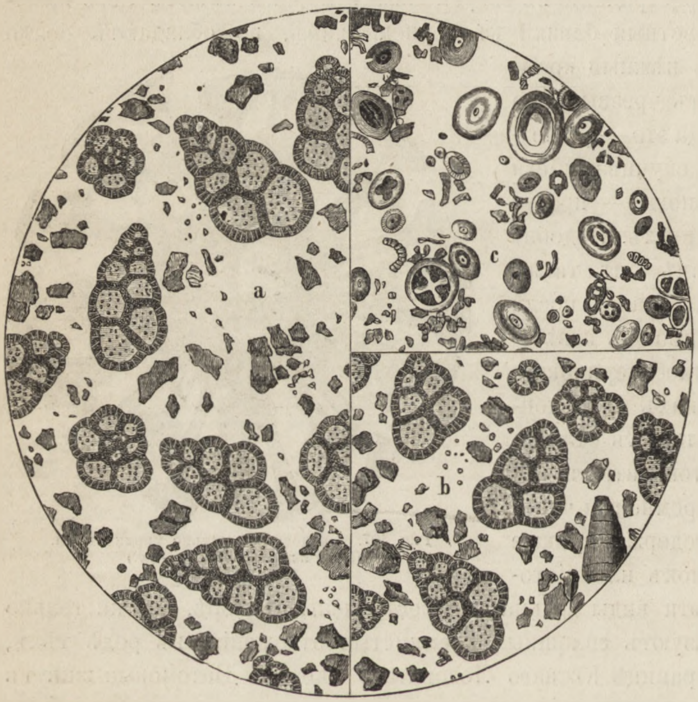


Рис. 408. Бѣлый мѣлъ: a) изъ Суссекса, b) изъ Ливійской пустыни (увеличеніе въ 150 разъ), c) высушенный осадокъ взмученнаго въ водѣ мѣла при увеличеніи въ 1200 разъ. (По Циттелю.)

Вблизи материковъ глобигериновый илъ перемѣшивается съ пескомъ и голубымъ иломъ и даетъ начало любопытному образованію, извѣстному подъ названіемъ глауконитоваго песка. Подъ именемъ глауконита разумѣютъ желѣзисто-каліевый силикатъ, находящійся съ соединеніи съ глиноземомъ, окисью магнія (магнезіей) и окисью кальція (известью): въ горныхъ породахъ онъ образуетъ ту массу, которая заполняетъ скорлупки корненожекъ. Это явленіе повторяется и въ современныхъ моряхъ: дѣйствіемъ органическаго вещества глауконитъ отлагается внутри скорлупокъ, которыя составляютъ около 40—50% всей массы глауконитоваго песку. Такимъ образомъ глауконитовый песокъ является отчасти органогенною, отчасти кластическою, отчасти химическою породою и по своему залеганію также занимаетъ промежуточное положеніе; онъ имѣетъ широкое распространеніе на границѣ въ глубоководныхъ и мелкихъ частей океана. Особенно любопытно, что породы, сходныя съ этимъ образованіемъ, находятся во всѣхъ системахъ, начиная съ кембрійской и кончая третичной.

Красная глина глубокаго моря и радіоляріевый илъ.

Въ наиболѣе глубокихъ частяхъ океана скорлупки глобигериноваго ила становятся все менѣе явственными, и количество ихъ значительно уменьшается; наконецъ, въ 4000 м. отъ поверхности океана онѣ совершенно исчезаютъ. Мѣсто глобигериноваго ила заступаетъ пластическая *красная глина глубокаго моря*, въ которой

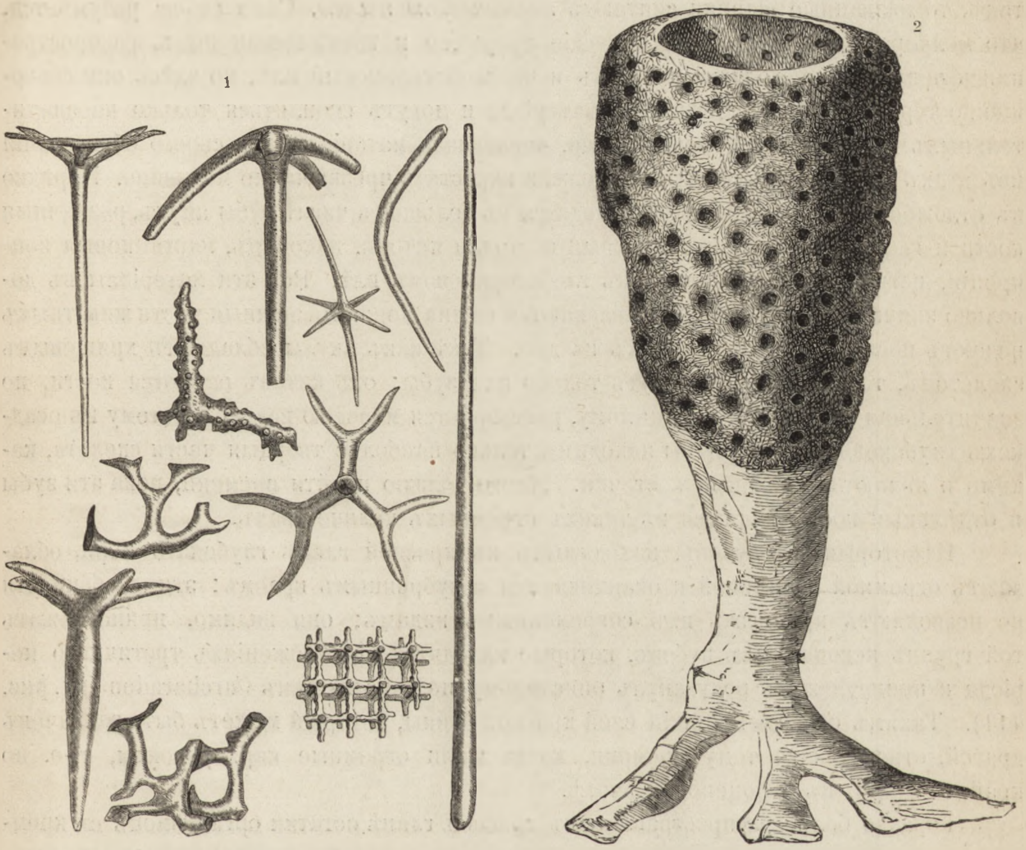


Рис. 409—410. 1) Иглы губокъ. (По Циттелю.) 2) Стеклянная губка изъ глубоководнаго моря.

корненожки уже совершенно отсутствуютъ. Хотя послѣднія распространены на поверхности всего моря и должны падать на дно повсемѣстно, тѣмъ не менѣе на большихъ глубинахъ ихъ присутствіе доказать не удалось. Этотъ на первый взглядъ загадочный фактъ можетъ быть объясненъ слѣдующимъ образомъ: на значительныхъ глубинахъ вода содержитъ много углекислоты и производитъ страшное давленіе, вслѣдствіе чего скорлупки корненожекъ должны растворяться. Подтвержденіемъ этой догадки служатъ образованія, представляющія переходъ отъ глобигериноваго ила къ красной глинѣ глубокаго моря: находимыя въ нихъ скорлупки имѣютъ видъ разъѣденныхъ кислотою.

Матеріалъ, изъ котораго образовались красныя глины глубокаго моря, имѣетъ разнообразное происхожденіе. Главныя массы ихъ состоятъ изъ *вулканическихъ продуктовъ*: микроскопъ показываетъ въ нихъ присутствіе вулканическаго пепла и мелкихъ частичекъ пемзы. Мы уже знаемъ, что вулканическій пепелъ уносится на огром-

ныя разстоянія и что послѣ изверженій обширныя пространства морской поверхности бываютъ покрыты пемзою, которую вѣтеръ и волны разбрасываютъ во всѣ стороны. Куски пемзы трутся другъ о друга, раздробляются въ мелкія частицы и медленно падаютъ на дно. Подводныя изверженія также доставляютъ огромныя количества вулканическаго матеріала.

Въ красной глубоководной глинѣ найдены также мелкіе магнитные шарики, содержащіе шреберзитъ. Такъ какъ этотъ минералъ встрѣчается только въ метеоритахъ, то названные шарики считаютъ *космической пылью.* Само собою разумѣется, что мелкораздробленные вулканическіе продукты и космическая пыль, распространяясь повсемѣстно, должны попадать и въ глобигериновый илъ, но здѣсь они совершенно теряются въ массѣ другого матеріала и могутъ скопляться только на значительныхъ глубинахъ. Красная глина, черпающая матеріалъ для своего образованія изъ этихъ скудныхъ источниковъ, должна наростать чрезвычайно медленно. Нерѣдко въ отложеніяхъ глубокаго моря находятся въ большомъ числѣ зубы акулъ, различныя кости и главнымъ образомъ слуховыя косточки китовъ, наконецъ, марганцовыя конкреціи, встрѣчающіяся также и въ глобигериновомъ илѣ. Всѣ эти матеріалы въ довольно значительныхъ массахъ извлекаются со дна моря. Названныя части животныхъ падаютъ послѣ смерти послѣднихъ на дно. Такъ какъ акулы обладаютъ хрящевымъ скелетомъ, то сохраниться могутъ только ихъ зубы; отъ китовъ остаются кости, но значительная часть ихъ, повидимому, растворяется морскою водою, а потому въ осадкахъ глубоководнаго моря мы находимъ только наиболѣе твердыя части скелета, какими и являются слуховыя косточки. Много должно пройти времени, пока эти зубы и отдѣльныя кости скопятся въ такихъ огромныхъ количествахъ.

Нѣкоторыя изъ зубовъ, находимыхъ въ красной глинѣ глубокаго моря, обладаютъ огромной величиной и оканчиваются зазубреннымъ краемъ: эти особенности не позволяютъ приписать ихъ современнымъ видамъ; они видимо, принадлежатъ той группѣ ископаемыхъ зубовъ, которые находятся въ отложеніяхъ третичнаго періода и принадлежатъ роду акулъ описанному подъ названіемъ Carcharadon (см. рис. 411). Такимъ образомъ тонкій слой красной глины, который можетъ быть захваченъ драгой, относится къ тому времени, когда жили огромные кархарадонты, т.-е. по крайней мѣрѣ, къ пліоценовой эпохѣ.

Гораздо болѣе распространены въ красной глинѣ остатки организмовъ съ кремнистыми скорлупками, которыя не растворяются въ водѣ, содержащей углекислоту. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, особенно въ тропическихъ частяхъ Тихаго и Индѣйскаго океановъ, скелеты радіолярій скопляются въ огромныхъ массахъ и образуютъ настоящій *радіоляріевый илъ.* Послѣдній также содержитъ зубы акулъ и марганцовыя конкреціи и представляетъ сходство съ красною глиною, но залегаетъ на болѣе значительныхъ глубинахъ.

Существуютъ ли среди породъ, составляющихъ земную кору, образованія, происшедшія такъ же, какъ и красная глина, въ настоящую минуту еще не рѣшено. Наоборотъ, почти во всѣхъ системахъ извѣстны породы, чрезвычайно богатыя радіоляріями; таковы: яшмы, роговики, кремнистые сланцы и кремнистые известняки. Нѣкоторыя изъ этихъ отложеній содержатъ огромныя количества корненожекъ и даже раковины двустворчатыхъ; сюда относится, напр., третичный трепелъ острова Барбадоса, Орана въ Алжирѣ, Кальтаписетты въ Сициліи, острова Эгины въ Греціи и др. Хотя всѣ подобныя образованія нельзя считать отложеніями глубокаго моря, но весь-

ма вѣроятно, что нѣкоторыя изъ нихъ произошли изъ настоящаго радіоляріеваго ила. Такъ, напр., въ юрской системѣ Альпъ богатые радіоляріями роговики стоятъ въ связи съ известняками и обнаруживаютъ несомнѣнное сходство съ глобигериновымъ иломъ (стр. 451); наблюдая подобныя отложенія, невозможно сомнѣваться, что эти кремнистыя породы образовались на днѣ глубокаго моря.

Доломитъ.

Наблюденія надъ тѣми процессами, которые совершаются нынѣ въ моряхъ, озерахъ, ключахъ и рѣкахъ, позволяютъ выяснить происхожденіе значительной части осадочныхъ породъ; впрочемъ, послѣдняя задача рѣшается не всегда просто: такъ, напр., несмотря на всѣ старанія геологовъ и химиковъ, до сихъ поръ остается неяснымъ происхожденіе доломита: эта порода во многихъ отношеніяхъ уклоняется отъ типа осадочныхъ образованій и можетъ быть отнесена къ другимъ группамъ.

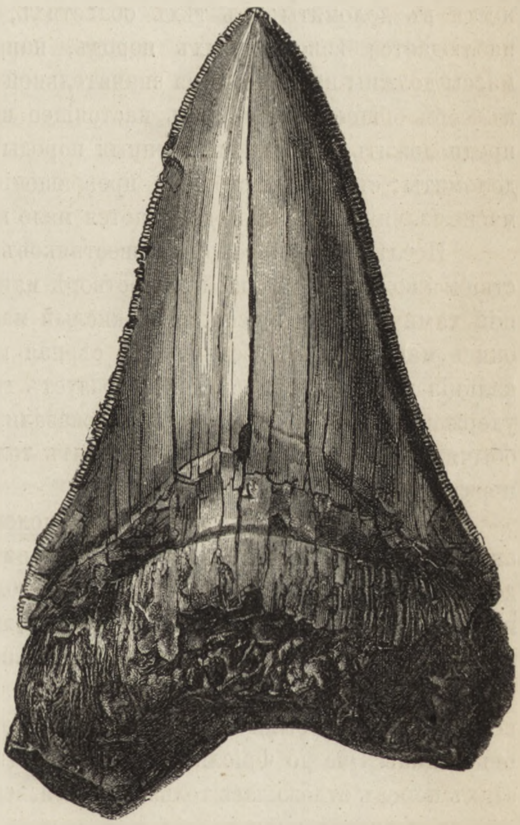


Рис. 411. Зубъ хархародонта изъ третичныхъ глинъ Бадена близъ Вѣны.

Долгое время доломитъ совершенно не отличали отъ известняковъ. Въ 1791 г. извѣстный французскій минералогъ *Доломье*, въ честь котораго и названа разсматриваемая порода, открылъ, что нѣкоторые известняки почти не вскипаютъ съ кислотами, или вскипаютъ очень слабо, и, сравнительно съ мраморомъ, обладаютъ болѣе высокимъ удѣльнымъ вѣсомъ и болѣе значительною твердостью. Нѣсколько лѣтъ спустя было найдено, что доломиты отличаются отъ известняковъ и химическимъ составомъ: они содержатъ не только углекислый кальцій, но и углекислый магній. Въ нормальныхъ представителяхъ разсматриваемой породы обѣ названныя соли присутствуютъ въ эквивалентныхъ количествахъ, т.-е. 54,35 процентовъ углекислаго кальція и 45,65 процентовъ углекислаго магнія. На ряду съ этимъ встрѣчаются доломиты съ меньшимъ содержаніемъ магнія; такимъ образомъ порода эта представляетъ цѣлый рядъ постепенныхъ переходовъ къ обыкновеннымъ известнякамъ.

Доломитъ, поразившій своими особенностями минералоговъ, скоро привлекъ къ себѣ вниманіе геологовъ: *Леопольдъ фонъ-Бухъ* впервые выдвинулъ вопросъ о способахъ его происхожденія; онъ указывалъ, что доломитъ нельзя относить къ группѣ нормальныхъ осадочныхъ породъ; онъ образовался изъ известняковъ путемъ позднѣйшихъ измѣненій. Эта мысль подтверждается цѣлымъ рядомъ фактовъ: доломитъ

обладаетъ чрезвычайно неясною слоистостью и прорѣзывается множествомъ трещинъ; въ сравненіи съ известняками онъ характеризуется болѣе явнымъ кристаллическимъ строеніемъ и не содержитъ окаменѣлостей или содержитъ ихъ очень рѣдко.

Предполагаемое измѣненіе известняковъ *Леопольдъ фонъ-Бухъ* объяснялъ вулканическими процессами. Исходной точкой его теоріи служили доломитовыя горы южнаго Тироля, извѣстныя своей очаровательной красотой и весьма любопытныя съ геологической стороны. Нерѣдко здѣсь залегаютъ надъ доломитомъ огромныя массы авгито-порфира, одной изъ породъ вулканическаго происхожденія. *Леопольдъ фонъ-Бухъ* предполагалъ, что одновременно съ изверженіемъ расплавленныхъ массъ изъ глубины вырвались магнезіальные пары, которые и превратили известняки этой мѣстности въ доломиты; въ тѣхъ областяхъ, гдѣ вблизи доломита непосредственно не наблюдается изверженныхъ породъ, напр., въ Франконской Юрѣ, вулканическія массы должны находиться на значительной глубинѣ. Эта теорія, долго привлекавшая къ себѣ общее вниманіе, въ настоящее время отошла въ область исторіи: трудно предположить, чтобы изверженныя породы присутствовали всюду, гдѣ мы находимъ доломиты; съ другой стороны, превращеніе известняковъ въ доломиты посредствомъ магнезіальныхъ паровъ оказывается мало вѣроятнымъ и съ химической точки зрѣнія.

Послѣ этого переходъ известняковъ въ доломиты пытались объяснить дѣйствіемъ воды, содержащей въ растворѣ магнезіальныя соли. Предполагался слѣдующій химическій процессъ: сѣрнокислый магній, дѣйствуя на известнякъ, отдаетъ ему окись магнія, а освободившаяся сѣрная кислота извлекаетъ изъ известняка окись кальція и, соединяясь съ нею, образуетъ гипсъ. Но и это объясненіе не могло быть удержано: лабораторные опыты показали, что такое превращеніе невозможно при обычныхъ условіяхъ: оно происходитъ только при большихъ давленіяхъ и при температурѣ болѣе 100^0.

Если магній южно-тирольскихъ доломитовъ выдѣлился вмѣстѣ съ изверженіями авгито-порфира, то, казалось бы, одновременно съ тѣмъ, вода должна была нагрѣться до требуемой температуры. Но стоитъ только обратить вниманіе на туфы, которые, несмотря на ихъ вулканическое происхожденіе, содержатъ многочисленныя окаменѣлости, то станетъ яснымъ, что нагрѣваніе воды при изверженіяхъ не препятствуетъ даже сохраненію животныхъ организмовъ; съ другой стороны, доломиты, которые должны были нагрѣться, обладаютъ мощностью отъ 1000 м. и простираются отъ долины Эча до Фріоля; если, наконецъ, принять въ разсчетъ, что главная масса этихъ породъ отложилась только послѣ изверженія авгито-порфира, то станетъ яснымъ, что вышеприведенная теорія совершенно не можетъ быть удержана. Несмотря на это, и до сихъ поръ предполагаютъ, что сѣрно-кислый магній такъ или иначе принималъ участіе въ доломитозированіи известняковъ: присутствіе огромныхъ количествъ этой соли въ морской водѣ невольно заставляетъ связывать съ нею рѣшеніе интересующаго насъ вопроса.

Наконецъ, превращеніе известняковъ въ доломиты приписывали дѣйствію магнезіальныхъ ключей; они должны извлекать известь и оставлять вмѣсто нея магнезію; съ другой стороны, если въ известнякѣ имѣется подмѣсь магнезіи, то вода, при помощи содержащейся въ ней углекислоты, будетъ растворять углекислый кальцій до тѣхъ поръ, пока известнякъ не превратится въ доломитъ. Такіе процессы, дѣйствительно, наблюдаются въ природѣ, и небольшія залежи доломита на поверхности и на бокахъ трещинъ произошли описаннымъ способомъ (стр. 491); но едва ли объяс-

неніе это можно распространить на мощныя и широко распространенныя массы доломита. Возможность такого превращенія исключается сама собою въ тѣхъ случаяхъ, когда слои известняка и доломита рѣзко отдѣляются другъ отъ друга или когда они правильно чередуются, залегая одинъ на другомъ. Рѣзкое разграниченіе известняковъ и доломитовъ должно быть объяснено причинами, которыя дѣйствовали во время отложенія отдѣльныхъ слоевъ или непосредственно послѣ ихъ образованія. Изслѣдованія *Дана* показали, что превращенія новообразовавшихся известняковъ въ доломиты возможны и въ настоящее время: оказывается, что современный рифовый камень острова св. Матвѣя состоитъ изъ доломита. Подобное же явленіе было замѣчено и на другихъ коралловыхъ островахъ. Съ другой стороны, было доказано, что нѣкоторые древніе доломиты, къ числу которыхъ относятся и огромныя залежи этой породы въ южномъ Тиролѣ, носятъ явные слѣды коралловаго происхожденія. Извѣстно, что известковыя скорлупки нѣкоторыхъ морскихъ организмовъ содержатъ углекислый магній, хотя и не въ такомъ количествѣ, чтобы путемъ ихъ накопленій могли образоваться доломиты; въ виду этого остается допустить, что сѣрно-кислый и хлористый магній, содержащійся въ морской водѣ, доставляетъ главный матеріалъ для образованія доломитовъ. Однако, самый процессъ возникновенія послѣднихъ остается совершенно неяснымъ. Какъ думаетъ Вальтеръ, можно и въ этомъ случаѣ искать причину явленій въ дѣйствіи органическаго вещества: весьма вѣроятно, что нѣкоторыя бактеріи обладаютъ специфическою особенностью извлекать изъ морской воды окись магнія.

8. Массивныя горныя породы.

Составъ массивныхъ горныхъ породъ. — Химическое и микроскопическое изслѣдованіе массивныхъ горныхъ породъ. — Происхожденіе массивныхъ горныхъ породъ. — Строеніе массивныхъ горныхъ породъ. — Главнѣйшіе типы массивныхъ горныхъ породъ.

Составъ массивныхъ горныхъ породъ.

Осадочныя породы сохраняютъ явные слѣды ихъ происхожденія: всѣ онѣ обладаютъ болѣе или менѣе ясно выраженною слоистостью. Вторая группа горныхъ породъ, къ разсмотрѣнію которой мы переходимъ, лишена этой характерной особенности. Всѣ представители ея обнаруживаютъ однородное строеніе и прорѣзываются системами неправильныхъ трещинъ; иногда они распадаются на правильныя отдѣльности, но послѣднія обязаны своимъ происхожденіемъ позднѣйшимъ процессамъ, совершавшимся внутри породы. Къ этой большой группѣ относятся граниты, порфиры, сіениты, базальты, трахиты, змѣевики (серпентины) и др.; всѣ они носятъ названіе *массивныхъ горныхъ породъ* (см. рис. 412).

Слоистыя породы отличаются чрезвычайнымъ разнообразіемъ состава: известняки и доломиты, каменная соль и гипсъ, каменные угли, глины и глинистые сланцы, песчаники и кварциты, — все это соединенія, рѣзко отличающіяся другъ отъ друга. Наоборотъ, составъ массивныхъ породъ поразительно однообразенъ. Всѣ минералы, образующіе ихъ, принадлежатъ къ классу силикатовъ: послѣдніе представляютъ соединенія кремнекислоты съ разными основаніями, главнымъ образомъ съ глиноземомъ,

окисью и закисью желѣза, магнезiей, известью, окисями калiя и натрiя и др. Количество этихъ составныхъ частей, въ разныхъ породахъ далеко не одинаково: такъ, напр., содержанiе кремнекислоты колеблется между 40 и 80 процентами, но иногда переходитъ и за эти предѣлы. Смотря по количеству этой важнѣйшей составной части различаютъ породы богатыя и бѣдныя кремнекислотою, или иначе, — кислыя и основныя. Содержанiе другихъ составныхъ частей также подлежитъ значительнымъ колебанiямъ; нѣкоторыя изъ поименованныхъ выше окисей иногда даже вовсе отсутствуютъ: такъ, напр., змѣевикъ (серпентинъ) состоитъ почти исключительно изъ кремнекислоты, магнезiи, окиси кальцiя и воды.

Несмотря на указанныя различiя, составъ массивныхъ горныхъ породъ весьма однообразенъ и тѣмъ любопытнѣе колебанiя составныхъ частей въ отдѣльныхъ минералахъ. Разсматриваемыя породы составляютъ главный предметъ *петрографiи*, которая въ послѣднее время, благодаря примѣненiю микроскопа, сдѣлала быстрые успѣхи

Рис. 412. Гранитъ и слоистыя горныя породы: g — гранитъ. (По Гайдену.)

и прiобрѣла огромное значенiе. Знакомство съ составомъ горныхъ породъ такъ же важно для геолога, какъ и ученiе объ ископаемыхъ растенiяхъ и животныхъ, т.-е. палеонтологiя; но ни тотъ, ни другой отдѣлъ знанiя не составляютъ частей геологiи: эти чрезвычайно важныя вспомогательныя науки имѣютъ свою область изслѣдованiя и пользуются самостоятельными методами въ рѣшенiи своихъ задачъ.

Ученiе о горныхъ породахъ, или петрографiя — ничто иное, какъ прикладная минералогiя; подобно послѣдней, она руководствуется главнымъ образомъ законами химiи и физики. Поэтому знакомство съ минералогiей, именно, съ химическими и физическими свойствами минераловъ безусловно необходимо для пониманiя петрографiи. Это значительно затрудняетъ общедоступное изложенiе предмета: рисунки могутъ быть полезны только до извѣстной степени, и характеристическiя свойства горныхъ породъ и минераловъ не передаются этимъ способомъ. Указанныя трудности исчезаютъ сами собою, если мы зададимся цѣлью представить ученiе о горныхъ породахъ лишь въ самыхъ общихъ и наиболѣе важныхъ чертахъ.

Немногiя горныя породы состоятъ, подобно серпентину, изъ одного только минерала; значительное большинство ихъ содержитъ въ своемъ составѣ цѣлый рядъ различныхъ минераловъ; такъ, напр., гранитъ состоитъ изъ полевого шпата, кварца и слюды; кромѣ этихъ главныхъ составныхъ частей, въ названной породѣ встрѣчаются и другiе второстепенные минералы; несмотря на незначительное количество, присутствiе ихъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ весьма характерно; такъ, напр., въ гранитѣ

мы находимъ: апатитъ, турмалинъ, эпидотъ, гранатъ и др. Первая задача изслѣдователя заключается въ опредѣленіи минераловъ, которые входятъ въ составъ горной породы. Рѣшеніе ея часто затрудняется незначительной величиной и неяснымъ развитіемъ отдѣльныхъ минераловъ; впрочемъ, число послѣднихъ въ горныхъ породахъ не велико, и только немногіе изъ нихъ пользуются широкимъ распространеніемъ.

Первое мѣсто среди породообразующихъ минераловъ слѣдуетъ отвести *кварцу;* это — чистая кремнекислота, являющаяся въ формѣ шестисторонних призмъ или пирамидъ; впрочемъ, хорошо образованные кристаллы рѣдко встрѣчаются въ горныхъ породахъ; въ большинствѣ случаевъ приходится имѣть дѣло съ закругленными полупрозрачными или просвѣчивающими зернами; послѣднія обладаютъ обыкновенно сѣроватымъ цвѣтомъ, стекляннымъ или жирнымъ блескомъ и характеризуются раковистымъ изломомъ. Кварцъ отличается своею твердостью; онъ чертится только немногими минералами, но самъ чертитъ различные полевые шпаты, авгитъ, роговую обманку. Кварцъ тверже стали: онъ не поддается ни острію ножа, ни напильнику.

Второй чрезвычайно важный классъ породообразующихъ минераловъ представляютъ *полевые шпаты;* среди нихъ главное мѣсто слѣдуетъ отвести каліевому полевому шпату или *ортоклазу*, который состоитъ изъ кремнекислоты, глинозема и окиси калія. Онъ кристаллизуется въ формахъ такъ называемой моноклинической системы и обладаетъ совершенной спайностью по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ; отбитыя по спайности грани представляютъ совершенно блестящія поверхности; цвѣтъ минерала бѣлый, свѣтло-сѣрый, красноватый, красный или даже зеленый съ стекляннымъ блескомъ. Отъ кварца ортоклазъ отличается своими зеркальными плоскостями спайности; въ трахитовыхъ горныхъ породахъ встрѣчается особая разновидность ортоклаза, такъ называемый санидинъ, отличающійся весьма совершеннымъ стекляннымъ блескомъ и волокнистымъ строеніемъ его пластинчатыхъ кристалликовъ. Кому приходилось разсматривать горныя породы Драхенфельза у Бонны, доставившія матеріалъ для нѣкоторыхъ частей Кельнскаго собора, тотъ не могъ не замѣтить большихъ хорошо образованныхъ кристалловъ санидина, встрѣчающихся въ этой породѣ.

Другая весьма важная группа полевыхъ шпатовъ извѣстна подъ названіемъ *плагіоклазовъ;* это цѣлый рядъ близкихъ между собою, но значительно различающихся по своему составу минераловъ, по своей кристаллографической формѣ они напоминаютъ ортоклазъ, но принадлежатъ къ триклинической системѣ. Они также характеризуются весьма совершенною спайностью и по цвѣту и блеску сходны съ ортоклазомъ; вслѣдствіе этого ихъ можно отличить только при очень внимательномъ изслѣдованіи породы: кристаллы плагіоклаза представляютъ сростки многочисленныхъ пластинокъ, которыя на плоскостяхъ главной спайности обнаруживаютъ слабую штриховку, хорошо замѣчаемую только при помощи лупы.

Слѣдующіе два класса породообразующихъ минераловъ, такъ называемые *авгиты* (пироксены) и *роговыя обманки,* — также представляютъ множество разновидностей; они состоятъ главнымъ образомъ изъ извести, магнезіи и закиси желѣза. Существенное различіе между авгитомъ и роговою обманкой заключается въ ихъ кристаллографической формѣ: оба минерала принадлежатъ къ моноклинической системѣ, но обладаютъ различными углами; авгитъ характеризуется несовершенною, а роговая обманка весьма совершенною спайностью. Оба минерала обладаютъ въ горныхъ породахъ чернымъ цвѣтомъ съ слабымъ зеленымъ оттѣнкомъ; они легко отличаются

другъ отъ друга по направленію плоскостей спайности, которыя у авгита пересѣкаются почти подъ прямымъ угломъ, у роговой же обманки образуютъ углы въ 124° и 56°.

Если приходится имѣть дѣло съ очень маленькими кристалликами, гдѣ трудно подмѣтить эту особенность, то минералы могутъ быть отличены и по другому признаку: плоскости спайности у роговой обманки болѣе блестятъ, чѣмъ у авгита, и только въ первомъ изъ нихъ замѣчаются весьма длинныя иглы.

Въ заключеніе слѣдуетъ сказать о *слюдѣ*. Почти каждому извѣстна способность этого минерала раскалываться на чрезвычайно тонкіе прозрачные листки. Съ научной точки зрѣнія этотъ классъ минераловъ представляется чрезвычайно сложнымъ; для нашихъ цѣлей достаточно упомянуть о бѣлой и темной слюдѣ, изъ которыхъ первая носитъ названіе каліевой слюды, или мусковита, а вторая — магнезіальной слюды, или біотита.

Кварцъ, ортоклазъ, плагіоклазъ, роговая обманка, мусковитъ, біотитъ являются наиболѣе важными составными частями массивныхъ горныхъ породъ. На ряду съ ними встрѣчаются лейцитъ, нефелинъ, гранатъ, турмалинъ, діаллагъ, эпидотъ, оливинъ и магнитный желѣзнякъ; имъ принадлежитъ сравнительно второстепенная роль. Кто умѣетъ отличать главные семь минераловъ, по крайней мѣрѣ, въ неособенно затруднительныхъ случаяхъ, тотъ имѣетъ полную возможность опредѣлить наиболѣе распространенныя крупнозернистыя горныя породы и, не будучи геологомъ по своей спеціальности, можетъ при путешествіи въ далекой, рѣдко посѣщаемой странѣ сдѣлать весьма цѣнныя наблюденія. Пріобрѣсти такой навыкъ въ распознаваніи минераловъ весьма нетрудно при имѣніи подъ рукою небольшой коллекціи минераловъ. Но очень часто породообразующіе минералы встрѣчаются въ видѣ такихъ мелкихъ частичекъ или зеренъ, что нѣтъ никакой возможности различить ихъ невооруженнымъ глазомъ или даже при помощи лупы; въ нѣкоторыхъ случаяхъ отдѣльныя составныя части невидимы вовсе, и горная порода представляется однородною массой. Въ такихъ случаяхъ необходимо воспользоваться уже болѣе сложными пріемами, которые, впрочемъ, имѣютъ примѣненіе и при изученіи крупнозернистыхъ породъ.

Химическое и микроскопическое изслѣдованіе массивныхъ горныхъ породъ.

При точномъ изученіи горной породы необходимо обстоятельное физическое и химическое изслѣдованіе ея. Химическій составъ опредѣляется весьма просто: для этого берутъ кусокъ свѣжей невывѣтрившейся породы и, измельчивъ его въ порошокъ, анализируютъ по правиламъ химіи. Гораздо труднѣе установить минералогическій составъ. Если приходится имѣть дѣло съ породой, которая состоитъ изъ болѣе или менѣе значительныхъ частичекъ минераловъ (напр., гранитъ), то добыть свѣжій матеріалъ нетрудно, хотя и здѣсь необходимо микроскопическое изслѣдованіе для опредѣленія постороннихъ подмѣсей; но если порода мелкозерниста, то даже самые изящные методы не приводятъ къ рѣшенію задачи. Если удастся опредѣлить химическій и минералогическій составъ горной породы, то можно вычислить, въ какомъ количествѣ входятъ въ нее отдѣльные минералы.

Важное значеніе имѣетъ и изслѣдованіе породы подъ микроскопомъ. Для этого необходимо приготовить тонкій прозрачный шлифъ, что достигается слѣдующимъ

образомъ: отбиваютъ кусокъ изслѣдуемой породы въ формѣ болѣе или менѣе совершенной плитки и шлифуютъ его при помощи стальной пластинки, посыпанной наждакомъ, до тѣхъ поръ, пока одна его сторона не сдѣлается совершенно ровной; шероховатая поверхность послѣдней сглаживается на матовомъ стеклѣ при помощи болѣе мелкаго наждака и, наконецъ, полируется глянцовитой бумагой. Отшлифованная поверхность наклеивается на обыкновенное предметное стеклышко; для этого послѣднее нагрѣвается и смазывается канадскимъ бальзамомъ; изслѣдуемая порода, также нагрѣтая на газовой или спиртовой горѣлкѣ, накладывается на стекло; когда бальзамъ застынетъ, она плотно пристанетъ къ предметному стеклышку. При выполненіи этой операціи неизбѣжны извѣстныя предосторожности: необходимо, чтобы бальзамъ обладалъ должною густотою, не былъ бы слишкомъ перегрѣтъ или недогрѣтъ: застывшій бальзамъ не долженъ поддаваться давленію ногтя и растрескиваться при скобленіи ножомъ. Вслѣдствіе слабаго нагрѣванія, онъ становится слишкомъ мягкимъ, а вслѣдствіе сильнаго — черезчуръ хрупкимъ; и въ томъ, и въ другомъ случаѣ препаратъ погибаетъ, такъ какъ при дальнѣйшемъ шлифованіи пластинка горной породы растрескивается. Кромѣ того, необходимо, чтобы въ слоѣ бальзама не было пузырьковъ воздуха; если они явились, то должно немного нагрѣть препаратъ и, тихо вращая его въ разныя стороны, выгнать газъ. Послѣ этого обрабатывается описаннымъ выше способомъ неотполированная сторона изслѣдуемаго бруска: предметное стеклышко держатъ пальцами и водятъ препаратъ по желѣзной пластинкѣ, посыпанной наждакомъ; шлифовка продолжается до тѣхъ поръ, пока пластинка не пріобрѣтетъ достаточной тонкости: препаратъ долженъ быть настолько прозраченъ, чтобы сквозь него можно было прочитать обыкновенный печатный шрифтъ. Приготовленная пластинка промывается и изслѣдуется при помощи лупы; если шлифованіе продолжать слишкомъ долго, то можно стереть всю породу: остается пустое предметное стеклышко. Имѣя дѣло съ темными породами, очень трудно достигнуть желаемой прозрачности препарата; когда слѣдуетъ въ такихъ случаяхъ прекратить шлифованіе, можно судить только по навыку. Вообще приготовленіе шлифовъ, удобныхъ для микроскопическаго изслѣдованія, дѣло далеко нелегкое, и прежде чѣмъ занимающійся овладѣетъ имъ, онъ затратитъ немало времени и труда.

Когда шлифъ пріобрѣтетъ надлежащую прозрачность, его снимаютъ съ исцарапаннаго стеклышка и наклеиваютъ на другое; отъ приставшаго наждака онъ очищается кисточкою, смоченною въ водѣ. Съ обратной стороны на препаратъ наклеивается покровное стеклышко, при чемъ выступившій наружу бальзамъ удаляется; на предметномъ стеклѣ помѣщается ярлыкъ съ обозначеніемъ названія породы и ея мѣстонахожденія.

При микроскопическомъ изслѣдованіи тонкихъ шлифовъ можно опредѣлить составныя части такъ называемыхъ афанитическихъ породъ, которыя кажутся на первый взглядъ однородными; съ другой стороны, и крупнозернистыя породы обнаруживаютъ подъ микроскопомъ цѣлый рядъ особенностей, которыя имѣютъ весьма важное значеніе для выясненія происхожденія горныхъ породъ. Введеніе микроскопа совершенно преобразовало петрографію и дало сильный толчокъ къ поразительно быстрому развитію ея. До этого совершенно пренебрегали минералогическимъ составомъ горныхъ породъ и ограничивались изслѣдованіемъ только химическаго состава ихъ. Главная заслуга введенія новаго метода принадлежитъ англійскому изслѣдователю Сорби: онъ впервые изслѣдовалъ тонкіе шлифы горныхъ породъ, выяснилъ значеніе микроскопа и произвелъ при его помощи цѣлый рядъ важныхъ наблюденій; первая его

статья по этому вопросу была опубликована въ 1851 году. Однако, новое направленіе въ наукѣ утвердилось только послѣ того, какъ Циркель началъ свои работы; этотъ ученый не только усовершенствовалъ самый методъ и получилъ при его помощи цѣнные результаты, но и способствовалъ утвержденію общей увѣренности, что изученіе горныхъ породъ невозможно безъ микроскопа.

Въ извѣстномъ смыслѣ тонкій шлифъ не вполнѣ характеризуетъ горную породу: изслѣдуя его, мы видимъ отдѣльные минералы въ разрѣзѣ и не получаемъ представленія объ ихъ формѣ; этотъ недостатокъ искупается не столько увеличеніемъ объекта, сколько возможностью примѣнить къ его изслѣдованію *поляризованный свѣтъ.* Мы не можемъ здѣсь останавливаться на поляризаціи свѣта: этотъ вопросъ принадлежитъ къ числу труднѣйшихъ вопросовъ оптики и уясняется только строго математическимъ путемъ. Свѣтъ есть волнообразное движеніе частичекъ эфира, который колеблется обыкновенно во всевозможныхъ направленіяхъ; если же эти колебанія происходятъ въ одномъ опредѣленномъ направленіи, то получается поляризованный свѣтъ. Существуетъ нѣсколько способовъ для превращенія обыкновеннаго свѣта въ поляризованный: для петрографическихъ цѣлей возможно воспользоваться кристаллами известковаго шпата. Если свѣтовой лучъ падаетъ на одну изъ граней ромбоэдра этого минерала, то онъ испытываетъ „двойное лучепреломленіе": съ противоположной стороны выходятъ два луча, при чемъ плоскость колебаній одного луча перпендикулярна плоскости колебаній другого. Изъ известковаго шпата приготовляется призма, черезъ которую проходитъ только одинъ изъ преломленныхъ лучей, другой же поглощается; такимъ образомъ получается поляризованный свѣтъ съ опредѣленнымъ направленіемъ колебаній. Подъ трубой микроскопа находится зеркало, отражающее свѣтъ и освѣщающее препаратъ; между этимъ зеркаломъ и нижнимъ концомъ микроскопа вставляется призма, приготовленная изъ известковаго шпата и называемая „николевой призмой" или просто николемъ. У верхняго конца трубы находится второй николь, и такимъ образомъ свѣтъ, поступающій въ глазъ наблюдателя, проходитъ черезъ два поляризующихъ аппарата.

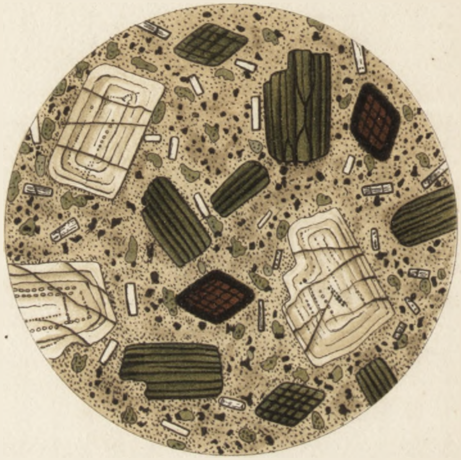
Мы не можемъ здѣсь останавливаться на замѣчательныхъ особенностяхъ поляризованнаго свѣта и укажемъ только, что при однихъ условіяхъ свѣтъ, вышедшій изъ нижняго николя, пропускается верхнимъ, при другихъ — поглощается имъ; первое происходитъ въ томъ случаѣ, когда оптическія оси обоихъ николей поставлены параллельно другъ другу, второе — когда онѣ пересѣкаются подъ прямымъ угломъ. Верхній николь микроскопа можно свободно вращать рукою около его оси; при полномъ поворотѣ оптическія оси два раза становятся параллельными другъ другу и два раза образуютъ прямые углы. Вслѣдствіе этого поле зрѣнія два раза кажется темнымъ и два раза свѣтлымъ. Явленіе нисколько не измѣнится, если между обѣими николями помѣстить прозрачную пластинку аморфнаго вещества т.-е. стекло или кристаллъ правильной системы, напр.: поваренную соль, квасцы, плавиковый шпатъ, гранатъ и т. п. Иное наблюдается въ тѣхъ случаяхъ, когда взятый минералъ принадлежитъ къ одной изъ другихъ пяти кристаллографическихъ системъ. Въ гексагональныхъ и тетрагональныхъ кристаллахъ существуетъ только одно направленіе, которое не измѣняетъ поляризованнаго свѣта, въ кристаллахъ же остальныхъ трехъ системъ (ромбической, моноклинической, триклинической) такихъ направленій два; свѣтъ, проходящій во всякомъ иномъ направленіи, испытываетъ извѣстныя измѣненія. Минералы, кристаллизующіеся въ формахъ названныхъ пяти системъ, обнаруживаютъ двойное

1

2

3

4



5

6

ШЛИФЫ ГОРНЫХЪ ПОРОДЪ ПОДЪ МИКРОСКОПОМЪ.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

1) **Гранитъ** изъ департамента Ніевръ во Франціи, разсматриваемый въ поляризованномъ свѣтѣ (при скрещенныхъ николяхъ), при увеличеніи почти въ 60 разъ. Кварцъ въ двухъ большихъ кускахъ (одинъ вверху, другой справа) окрашенъ въ свѣтло-желтый цвѣтъ Куски ортоклаза, расположенные вверху, у середины и внизу, отличаются своимъ сѣро-голубымъ цвѣтомъ и широкими полосами, отвѣчающими двойниковому срастанію. На бѣломъ плагіоклазѣ (справа наверху и слѣва внизу) ясно выступаютъ многочисленные параллельные штрихи. Черная слюда, находящаяся здѣсь въ нѣсколькихъ кускахъ, представляетъ чередованіе зеленыхъ, красныхъ, желтыхъ и голубыхъ линій. Кромѣ того, замѣчаются добавочные минералы, сзади которыхъ эпидотъ выступаетъ своею ярко-зеленою окраской. (По Фуке и Мишелю Леви.)

2) **Кварцевый порфиръ** изъ Вурцена въ Саксоніи, разсматриваемый въ обыкновенномъ свѣтѣ при увеличеніи почти въ 150 разъ. Слѣдуетъ обратить вниманіе на основную массу, въ которой находятся кристаллы кварца, полевого шпата и слюды (зеленаго цвѣта). Эта масса была первоначально стекловатой, но потомъ, какъ говорятъ, „разстекловалась", т.-е. разложилась на мельчайшіе кристаллическіе элементы. Въ основной массѣ выступаетъ „флюидальная структура", названная такъ по сходству съ текущей струей жидкости. (По Фогельзангу.)

3) **Обсидіанъ** изъ Невады съ отлично выраженной флюидальной структурой.

5) **Пропилитъ**, разность трахита изъ Невады, разсматриваемая въ обыкновенномъ свѣтѣ. Въ основную массу включенъ бѣлый плагіоглазъ, а также зеленая и бурая роговая обманка. (По Циркелю.)

5) **Роговообманковый андезитъ** изъ Франціи (Канталь), разсматриваемый въ поляризованномъ свѣтѣ при увеличеніи почти въ 60 разъ. Основная масса состоитъ изъ мельчайшихъ кристалликовъ, такъ называемыхъ микролитовъ олигоклаза. Въ нее включены большіе полосатые кристаллы плагіоклаза и маленькіе, въ высшей степени ярко окрашенные, кристаллы авгита и роговой обманки. (По Фуке и Мишелю Леви.)

6) **Базальтъ** изъ Невады, разсматриваемый въ обыкновенномъ свѣтѣ. Въ основной массѣ, состоящей изъ авгита и магнитнаго желѣзняка, лежатъ большіе кристаллы оливина (желтаго цвѣта) и маленькіе прозрачные кристаллы плагіоклаза. (По Циркелю.)

лучепреломленіе, и въ полѣ зрѣнія микроскопа разрѣзы ихъ пріобрѣтаютъ въ поляризованномъ свѣтѣ яркую окраску—красную, желтую, голубую и т. п.: при скрещенныхъ николяхъ она выступаетъ на темномъ фонѣ, а при параллельныхъ — на свѣтломъ. При поворотѣ верхняго николя каждый цвѣтъ замѣняется дополнительнымъ: такъ, напр., кристаллъ, казавшійся краснымъ при параллельныхъ николяхъ, пріобрѣтаетъ зеленую окраску, когда николи пересѣкаются подъ прямымъ угломъ; голубой цвѣтъ при тѣхъ же условіяхъ переходитъ въ желтый, и наоборотъ.

Стеклянныя части микроскопа совершенно не дѣйствуютъ на поляризованный свѣтъ; помѣщая въ полѣ зрѣнія тонкій шлифъ горной породы и наблюдая появленіе яркой окраски, мы легко можемъ отличить тѣла аморфныя и кристаллы правильной системы отъ всѣхъ двояко-преломляющихъ минераловъ; при этомъ очертанія каждой составной части породы выступаютъ съ поразительною ясностью, и почти каждый минералъ обнаруживаетъ особенности, которыя за небольшими только исключеніями, позволяютъ опредѣлить всѣ наиболѣе часто встрѣчающіеся въ горныхъ породахъ минералы (см. хромолитогр. табл. „Микроскопическіе препараты горныхъ породъ“). Въ обыкновенномъ свѣтѣ кварцъ кажется совершенно безцвѣтнымъ, а между двумя николями пріобрѣтаетъ яркую окраску. Ортоклазъ, являющійся обыкновенно въ видѣ двойниковъ, т. е. параллельныхъ сростковъ кристаллическихъ недѣлимыхъ, обнаруживаетъ въ поляризованномъ свѣтѣ чрезвычайно сложную окраску. Въ плагіоклазахъ уже невооруженный глазъ подмѣчаетъ двойниковую штриховку; подъ микроскопомъ же отдѣльныя пластинки выступаютъ съ поразительною ясностью и между двумя николевыми призмами представляются въ видѣ системы параллельныхъ и различно окрашенныхъ полосокъ. Роговыя обманки и авгиты нелегко отличаются даже въ поляризованномъ свѣтѣ. И тотъ и другой минералъ кажется подъ микроскопомъ зеленоватымъ или буроватымъ. Для изслѣдованія этихъ минераловъ всего удобнѣе пользоваться слѣдующимъ пріемомъ Чермака: удаляютъ верхній николь, а нижній вращаютъ, при этомъ роговая обманка рѣзко мѣняетъ свою яркость: она становится то свѣтлѣе, то темнѣе; авгитъ же остается неизмѣннымъ.

Чтобы различать указаннымъ путемъ всѣ породообразующіе минералы, необходимо точное знакомство съ свойствами кристалловъ и значительный навыкъ въ ихъ распознаваніи. Недостаточно усвоить характерные признаки чисто механическимъ путемъ: изслѣдователь долженъ понимать явленія, умѣть объяснить ихъ съ оптической и кристаллографической стороны; только въ такомъ случаѣ каждое новое наблюденіе будетъ вполнѣ ему понятно, и всѣ часто встрѣчающіяся неправильности и уклоненія перестанутъ быть загадочными.

Мы не можемъ здѣсь описывать особенностей отдѣльныхъ минераловъ и перейдемъ къ выясненію структуры или строенія горныхъ породъ. Мы уже упоминали, что въ большинствѣ случаевъ порода, которая съ перваго раза кажется однородной, состоитъ на самомъ дѣлѣ изъ множества кристаллическихъ зеренъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ на ряду съ послѣдними мы находимъ еще такъ называемую основную массу въ видѣ аморфнаго стекла; иногда изъ стекла состоитъ бо́льшая часть породы, въ массѣ которой видны только одинокіе кристаллики, иногда же индивидуализированные минералы преобладаютъ, и основная масса располагается между ними въ видѣ отдѣльныхъ частичекъ. Обыкновенное стекло совершенно прозрачно, обладаетъ желтовато-сѣрою окраской, иногда даже совсѣмъ лишено ея. Между скрещенными николями оно кажется совершенно чернымъ. Горная порода, состоящая почти исключительно

изъ основной массы и заключающая въ себѣ лишь одинокіе кристаллы, представляетъ подъ микроскопомъ поразительную и характерную картину; на темномъ фонѣ стекла рѣзко выступаютъ ярко окрашенные минералы.

Впрочемъ, основная масса не всегда представляетъ совершенно чистое стекло: часто она заключаетъ признаки начавшейся кристаллизаціи и содержитъ мелкіе кристаллическія иглы, такъ называемые *микролиты*. Иногда онп присутствуютъ въ такомъ огромномъ количествѣ, что основная масса совершенно теряетъ свой стекловатый характеръ. Чаще всего микролиты располагаются въ безпорядкѣ, въ нѣкоторыхъ же случаяхъ образуютъ своеобразныя скопленія въ видѣ маленькихъ потоковъ; такая структура носитъ названіе *флюидальной*; значеніе ея будетъ выяснено ниже.

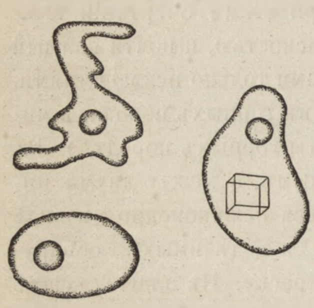


Рис. 413. Жидкостныя включенія съ пузырьками газовъ; въ одномъ изъ нихъ находится кубикъ поваренной соли; все — сильно увеличено. (По Циттелю.)

Присутствіе основной массы имѣетъ рѣшающее значеніе въ вопросѣ о происхожденіи массивныхъ горныхъ породъ; стекла могутъ образоваться только при застываніи расплавленной массы силикатовъ; другой способъ ихъ происхожденія неизвѣстенъ. Такимъ образомъ, если и въ древнихъ породахъ мы находимъ стекловатое строеніе, то можемъ заключить, что и онѣ выдѣлились изъ расплавленной массы. Огромное значеніе также имѣетъ присутствіе микроскопическихъ включеній стекла въ кристаллахъ зернистыхъ породъ.

Остановимся вкратцѣ на этомъ любопытномъ явленіи. Чаще всего включенія встрѣчаются въ видѣ упомянутыхъ выше микролитовъ; но извѣстны также включенія газовъ и жидкостей. Послѣднія въ нѣкоторыхъ породахъ достигаютъ такихъ значительныхъ размѣровъ, что могутъ быть замѣчены даже простымъ глазомъ; впрочемъ, подобные примѣры единичны, и потому присутствіе большихъ включеній не имѣетъ особеннаго значенія для характеристики горныхъ породъ. Иное слѣдуетъ сказать о микроскопическихъ порахъ, которыя иногда скопляются въ очень большомъ количествѣ. Ясно видны онѣ только въ особенно прозрачныхъ минералахъ. Величина этихъ включеній различна: наиболѣе значительныя обладаютъ поперечникомъ не болѣе $^1/_{20}$ доли миллиметра, а нѣкоторыя даже при увеличеніи въ 1000 разъ выступаютъ въ видѣ крошечныхъ точекъ. Мелкія включенія обладаютъ шарообразной или яйцевидной формой, обыкновенно представляютъ неправильныя очертанія и имѣютъ развѣтвленія и продолженія въ видѣ какъ-бы кишекъ. Въ нѣкоторыхъ минералахъ, особенно въ кварцахъ, а также въ полевыхъ шпатахъ и др. они скопляются въ большомъ количествѣ и цѣлыми тысячами выступаютъ въ полѣ зрѣнія микроскопа.

Большинство жидкихъ включеній содержитъ въ себѣ газовые пузырьки (см. рис. 413); послѣдніе иногда совершенно спокойны, иногда дрожатъ при каждомъ толчкѣ и при наклонѣ препарата мѣняютъ мѣсто, иногда находятся въ непрерывномъ движеніи. Весьма возможно, что въ скалахъ, выдвигающихся передъ нами, содержатся такія же включенія, и въ любой гранитной глыбѣ вѣчно бѣгаютъ и движутся милліоны газовыхъ пузырьковъ. Хотя присутствіе въ твердыхъ породахъ такихъ движущихся пузырьковъ заслуживаетъ немалаго удивленія, но оно является неоспоримымъ фактомъ.

Чрезвычайно любопытенъ химическій составъ включеній. Большая часть ихъ состоитъ изъ воды, иногда совершенно чистой, иногда содержащей въ растворѣ соль

или газъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдались даже насыщенные растворы хлористаго натрія, среди которыхъ плавали мелкіе кубическіе кристаллики. Но особенно замѣчательны включенія жидкой углекислоты. Какъ извѣстно, углекислота есть газъ, переходящій въ жидкость при давленіи въ 36 атмосферъ и при температурѣ въ 0^0. Въ лабораторіяхъ жидкая углекислота сохраняется въ толстостѣнныхъ чугунныхъ сосудахъ, но, несмотря на это, нерѣдко происходятъ взрывы. Отсюда несомнѣнно слѣдуетъ, что горныя породы, содержащія такія включенія, образовались при весьма высокомъ давленіи.

Происхожденіе массивныхъ горныхъ породъ.

Со временъ *Вернера* вопросъ о происхожденіи массивныхъ горныхъ породъ непрерывно занималъ геологовъ. Въ теченіе цѣлаго десятка лѣтъ борьбѣ между нептунистами и плутонистами была тѣмъ центромъ, около котораго вращались всѣ научные интересы, и хотя въ настоящее время удалось придти къ соглашенію въ основныхъ положеніяхъ, но цѣлый рядъ вопросовъ остается еще неразрѣшеннымъ.

Вернеръ былъ ярымъ нептунистомъ; по его мнѣнію, всѣ горныя породы выдѣлились изъ воды, и только лавы представляютъ мѣстныя исключенія, не имѣющія особеннаго значенія. Наоборотъ, вулканисты и плутонисты, съ Гюттономъ во главѣ, разсматривали всѣ массивныя горныя породы, какъ продуктъ застыванія огненно-жидкой массы; нѣкоторые изъ нихъ зашли даже такъ далеко, что объясняли этимъ способомъ образованіе каменной соли, гипса, мрамора, кристаллическихъ сланцевъ и, вообще, преувеличивали значеніе внутренней теплоты земли. Эти крайнія направленія вызвали реакцію, которая выразилась появленіемъ химико-геологической школы съ *Бишофомъ* во главѣ. Этотъ изслѣдователь отвелъ широкое мѣсто физическимъ и химическимъ опытамъ и путемъ ихъ пытался объяснить происхожденіе массивныхъ горныхъ породъ. Наука обязана этой школѣ весьма важными успѣхами; но представители новаго направленія тоже не избѣжали ошибокъ, и нѣкоторые изъ нихъ, возвратившись къ идеямъ Вернера, приписывали третичнымъ базальтамъ и трахитамъ водное происхожденіе.

Въ новѣйшее время сдѣлана попытка привести въ связь непосредственныя наблюденія съ лабораторными изслѣдованіями и согласовать выводы, полученные тѣмъ и другимъ путемъ; наконецъ, микроскопическое изслѣдованіе породъ освѣтило многіе вопросы съ совершенно новыхъ сторонъ. Происхожденіе массивныхъ горныхъ породъ можетъ быть выяснено единственнымъ путемъ,—посредствомъ наблюденія надъ процессами, совершающимися въ настоящее время. При изученіи осадочныхъ горныхъ породъ мы наблюдаемъ осадки, происходящіе въ современныхъ моряхъ и озерахъ; что же касается массивныхъ горныхъ породъ, то ключъ для пониманія ихъ даютъ дѣйствующіе вулканы: лавы ихъ, застывающія на нашихъ глазахъ, стоятъ въ близкой связи съ трахитами и базальтами и даже носятъ ихъ названіе. Въ лавахъ, такъ же, какъ и въ древнихъ базальтахъ и трахитахъ, микроскопъ доказываетъ присутствіе однихъ и тѣхъ же минераловъ; и тутъ и тамъ мы находимъ стекловатую основную массу. Всѣ минералогическіе признаки базальтовъ и трахитовъ свидѣтельствуютъ объ изверженномъ характерѣ этихъ породъ, застывшихъ изъ расплавленной массы. Подтвержденіемъ этого вывода служатъ любопытные опыты *Фуке и Мишеля-Леви*.

Уже давно было извѣстно, что цѣлый рядъ минераловъ, встрѣчающихся въ массивныхъ горныхъ породахъ, образуется при металлургическихъ процессахъ и находится въ шлакахъ и т. п. Названные французскіе изслѣдователи задались цѣлью сплавить искусственно извѣстныя вещества и путемъ постепеннаго ихъ охлажденія получить различные минералы и горныя породы. Имъ удалось добыть ясно видимые микроскопическіе кристаллы различныхъ плагіоклазовъ, авгита, магнитнаго желѣзняка, оливина, лейцита и т. п. Но особеннаго вниманія заслуживаетъ искусственное полученіе горныхъ породъ. Такъ, напр., путемъ сплавленія 2 частей оливина, 2 частей лабрадора и 1 части авгита и быстраго охлажденія полученной массы, было добыто аморфное стекло. Эта же масса держалась при температурѣ бѣлаго каленія въ теченіе 48 часовъ; въ послѣднемъ случаѣ выдѣлились отдѣльные минералы, именно: хорошо образованные кристаллы оливина, а также октаэдры магнитнаго желѣзняка, которому приписывалось до тѣхъ поръ исключительно водное происхожденіе; основная масса застыла въ видѣ бураго стекла. Послѣднее было продержано еще 48 ча-

Рис. 414. Лавовыя жилы въ туфахъ Этны, обнаженныя вслѣдствіе вывѣтриванія околодежащей породы. (По Сарторіусу фонъ Вальтерсгаузену.)

совъ при температурѣ краснаго каленія; при этомъ почти все стекло исчезло; выдѣлились новые кристаллы магнитнаго желѣзняка, лабрадора и иглы авгита; наконецъ, появились октаэдры особаго минерала — пизолита, который встрѣчается и въ природѣ въ видѣ второстепенной составной части въ базальтахъ, содержащихъ оливинъ; однимъ словомъ, былъ полученъ искусственно настоящій базальтъ.

Другимъ доказательствомъ вулканическаго происхожденія базальтовъ могутъ служить измѣненія, нерѣдко наблюдаемыя въ окололежащихъ породахъ: такъ, напр., песчаники на мѣстахъ соприкосновенія съ базальтами остеклованы и разбиты на столбы; подобное же явленіе замѣчается также въ доменныхъ печахъ, гдѣ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ поддерживается температура плавленія чугуна: глины, глинистые сланцы, мергеля и т. п. превращены въ фарфоровидную массу (фарфоровидная яшма); сѣрые или голубые известняки сдѣлались красными; бурые и каменные угли потеряли ихъ летучія битуминозныя части и превратились въ антрацитъ или коксъ. Такія „контактныя явленія наблюдаются также по сосѣдству съ трахитами, мелафирами и др. массивными горными породами.

Характеръ залеганія трахитовъ и базальтовъ также свидѣтельствуетъ объ ихъ вулканическомъ происхожденіи; они лишены свойственной осадочнымъ породамъ слоистости и образуютъ жилы, купола и покровы. Подобно лавамъ, трахиты и базальты прорѣзываютъ иногда осадочныя породы и, поднимаясь вверхъ, распространяются въ видѣ пластовъ и жилъ (стр. 292). Указывали, что существованіе очень тонкихъ трахитовыхъ и базальтовыхъ жилъ исключаетъ возможность ихъ вулканическаго происхожденія: проникая въ узкія трещины холодной породы, расплавленная масса должна немедленно застыть и закупорить ихъ; дальнѣйшее распространеніе и развѣтвленіе

дѣлаются невозможными. Этотъ доводъ на первый взглядъ кажется чрезвычайно убѣдительнымъ, но стоитъ только обратиться къ дѣйствующимъ въ настоящее время вулканамъ, и несостоятельность его тотчасъ же обнаружится: туфы Везувія (въ Атріо-дель-Кавалло) и Этны прорѣзаны огромнымъ множествомъ лавовыхъ жилъ (см. рис. 414), въ вулканическомъ происхожденіи которыхъ никто не сомнѣвается. Другимъ

Рис. 415. Базальтовый столбъ на о-вѣ Св. Елены.

опроверженіемъ могутъ служить чрезвычайно тонкія базальтовыя жилы, которыя прорѣзываютъ мощныя свиты пластовъ на возвышенной равнинѣ Колорадо и заканчиваются небольшими вулканическими конусами (стр. 287).

Чрезвычайно характерны столбчатыя отдѣльности базальтовъ (рис. 415), совершенно сходныя съ тѣми, которыя мы наблюдаемъ въ лавахъ. Такія же отдѣльности свойственны нѣкоторымъ другимъ массивнымъ горнымъ породамъ, каковы, напр., трахиты, порфиры и др., но наблюдаются въ нихъ рѣже (рис. 416).

Наконецъ, присутствіе постороннихъ горныхъ породъ въ массахъ гранитовъ, порфировъ и базальтовъ также служитъ доказательствомъ ихъ вулканическаго происхожденія: расплавленная масса обрывала на своемъ пути эти глыбы и облекала ихъ. Особенно любопытны подобныя явленія въ тѣхъ случаяхъ, когда на поверхности нѣтъ той породы, глыбы которой мы находимъ внутри гранитовъ, порфировъ и ба-

зальтовъ. Такъ, напр., въ базальтѣ чешскихъ Срединныхъ горъ найдены обломки гранита, который совершенно отсутствуетъ въ этой мѣстности; базальты Ашерхюбеля у Шпехтсхауфена въ Саксоніи заключаютъ глыбы порфира, залегающаго въ глубинѣ; подобныхъ примѣровъ можно было бы привести очень много.

Такое богатство фактическихъ данныхъ не допускаетъ ни малѣйшаго сомнѣнія въ пирогенномъ характерѣ трахитовъ, базальтовъ и другихъ массивныхъ горныхъ породъ; онѣ образовались изъ расплавленной массы, которая заключала въ себѣ огромныя количества поглощенной ею углекислоты и водяного пара. Разсмотрѣнный

Рис. 416. Столбчатыя отдѣльности кварцеваго трахита въ Скалистыхъ горахъ Сѣверной Америки. (По Кларенсу Кингу.)

нами вопросъ имѣетъ чрезвычайно важное значеніе въ естествознаніи: онъ привлекалъ къ себѣ болѣе напряженное вниманіе, чѣмъ даже теорія Дарвина, и вызвалъ болѣе обширную литературу; въ виду этого мы и считали нужнымъ остановиться на немъ такъ подробно. Въ заключеніе упомянемъ о томъ затрудненіи, которое долго препятствовало признать вулканическій характеръ массивныхъ горныхъ породъ; мы говоримъ о присутствіи въ большинствѣ изъ нихъ *кварца*. Минералъ этотъ очень рѣдко встрѣчается въ современныхъ лавахъ, и прежде не удавалось получить его искусственно изъ расплавленной массы.

Это затрудненіе было блистательно устранено знаменитыми опытами *Добре*, который пользовался крѣпкими герметически закрытыми желѣзными трубками (рис. 417—420, фиг. а) и нагрѣвалъ въ нихъ воду значительно выше ея точки кипѣнія, приблизительно до 400°; такимъ образомъ внутри трубокъ получалось давленіе до 1000 атмосферъ. Въ воду *Добре* клалъ куски стекла, которые по окончаніи опыта

оказывались сильно разъѣденными и измѣненными. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали описывать эти опыты во всѣхъ подробностяхъ; замѣтимъ только, что въ результатѣ были получены хорошо образованные кристаллы кварца, которые послѣ мѣсячнаго нагрѣванія трубки достигали 3 мм. Если мы припомнимъ, что кварцъ чаще, чѣмъ какіе-нибудь другіе минералы, содержитъ жидкія включенія, то невольно должны будемъ заключить, что образованіе его происходитъ при высокомъ давленіи и въ присутствіи перегрѣтой воды. Мы подошли къ вопросу о вліяніи условій застыванія расплавленной массы на свойства образующихся горныхъ породъ; мы разсмотримъ его въ слѣдующей главѣ.

Строеніе массивныхъ горныхъ породъ.

Процессы застыванія вулканической магмы на поверхности были разсмотрѣны нами въ связи съ вулканическими явленіями; магма представляетъ тягучую жидкость, пропитанную газами, парами и перегрѣтой водой; она теряетъ на поверхности свои летучія части и вслѣдствіе быстраго охлажденія застываетъ, пріобрѣтая шлаковидное, пузыристое и стекловатое строеніе. Часто пары выдѣляются съ такою силою, что магма раздробляется, превращаясь въ вулканической пепелъ, вулканическіе туфы и пемзу.

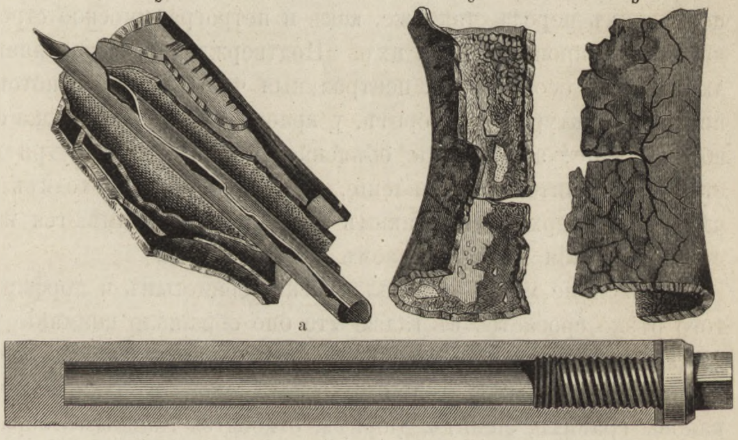


Рис. 417—420. а) Разрѣзъ желѣзной трубки, которою пользовался Добре при своихъ опытахъ; bbb) куски стекла, измѣненные дѣйствіемъ перегрѣтой воды. (По Добре.)

Общая особенность всѣхъ шлаковъ, твердыхъ лавъ и вообще вулканическихъ горныхъ породъ заключается въ ихъ *порфировидномъ строеніи:* въ основной массѣ ихъ, представляющей скопленіе чрезвычайно мелкихъ кристаллическихъ зернышекъ, видны отдѣльные большіе кристаллы; они принадлежатъ тѣмъ же минераламъ, которые образуютъ кристаллики основной массы, видимые невооруженнымъ глазомъ или наблюдаемые только подъ микроскопомъ. Такимъ образомъ процессъ выдѣленія образующихъ породу минеральныхъ частей представляетъ двѣ фазы: образованіе большихъ кристалловъ относится къ болѣе раннему времени, чѣмъ образованіе болѣе мелкихъ зернышекъ; первые выкристаллизовались въ глубинѣ и были вынесены въ готовомъ видѣ; вторые — выдѣлились уже на поверхности. Разсматриваемыя породы заключаютъ въ своей массѣ также и аморфное стекло, которое присутствуетъ иногда въ очень незначительныхъ количествахъ и всегда находится въ видѣ включеній въ отдѣльныхъ кристаллическихъ зернышкахъ; образованіе этого стекла является естественнымъ слѣдствіемъ охлажденія на поверхности.

Въ большихъ глубинахъ, напр., въ подземномъ очагѣ вулкана, или въ такъ называемыхъ лакколитахъ и батолитахъ, которые втискивались внутрь земной коры, но никогда не достигали поверхности (стр. 294), застываніе магмы совершается при иныхъ условіяхъ; въ глубинахъ господствуетъ высокое давленіе и высокая температура: остываніе происходитъ чрезвычайно медленно, и высокое давленіе не допускаетъ выдѣленія газовъ и перегрѣтой воды. Поэтому въ глубинныхъ породахъ аморфная основная масса отсутствуетъ, и даже стекловатыя включенія въ отдѣльныхъ кристалликахъ наблюдаются очень рѣдко; наоборотъ, мы находимъ здѣсь огромное множество жидкихъ включеній. Вслѣдствіе постоянства физическихъ и химическихъ условій охлажденія, каждый минералъ выдѣляется за одинъ разъ, и магма образуетъ породу, которая состоитъ изъ кристалловъ или кристаллическихъ зеренъ; такое строеніе называютъ *кристаллически-зернистымъ*. Это строеніе является характернымъ признакомъ глубинныхъ (подземныхъ или интрузивныхъ) породъ, порфировидная же структура представляетъ особенность лавовыхъ (наземныхъ или эффузивныхъ) породъ.

Порфировыя массы часто сопровождаются шлаками, туфами и стекловатыми образованіями. У кристаллически-зернистыхъ породъ эти спутники отсутствуютъ. Породы гранитоваго типа залегаютъ въ формѣ мощныхъ штоковъ, порфировыя массы образуютъ покровы, потоки или купола; такимъ образомъ геологическія особенности послѣднихъ породъ, такъ же, какъ и петрографическое строеніе, свидѣтельствуютъ о наземномъ происхожденіи ихъ. Подтвержденіемъ сказаннаго служитъ и слѣдующая любопытная особенность: центральныя части мощнаго потока обладаютъ иногда зернистой структурой; наоборотъ, у краевъ глубиннаго штока обнаруживается порфировое строеніе: это явленіе объясняется тѣмъ, что внутри мощнаго потока господствуетъ значительное давленіе, и остываніе происходитъ значительно медленнѣе, чѣмъ на поверхности. Такимъ образомъ здѣсь имѣются на лицо условія, сходныя съ тѣми, какія мы наблюдаемъ въ глубинахъ.

Различіе между кристаллически-зернистымъ и порфировиднымъ строеніемъ до того рѣзко бросается въ глаза, что оно обращало вниманіе уже прежнихъ петрографовъ; но правильное объясненіе этихъ структурныхъ особенностей было сдѣлано значительно позднѣе. Далѣе было замѣчено, что кристаллически-зернистыя породы, каковы гранитъ, сіенитъ, діоритъ, относятся главнымъ образомъ къ архейской и палеозойской эрѣ; наоборотъ, трахиты, базальты и т. п. господствуютъ въ новѣйшихъ системахъ; отсюда было сдѣлано заключеніе, что различнымъ періодамъ жизни земли соотвѣтствуютъ разныя массивныя породы. Но этотъ выводъ не правиленъ: мы знаемъ палеозойскія наземныя породы, которыя по существу не отличаются отъ новѣйшихъ вулканическихъ образованій; точно также въ отдѣльныхъ случаяхъ доказано существованіе зернистыхъ глубинныхъ породъ, относящихся къ сравнительно недавнему времени. Древнѣйшія горныя породы, дѣйствительно, обладаютъ почти исключительно зернистымъ строеніемъ, но это объясняется только тѣмъ, что лавовыя массы того же возраста давно уже пали жертвами размыванія; что же касается новѣйшихъ періодовъ, то разрушительные процессы не успѣли еще уничтожить эффузивныхъ массъ и обнажить залегающія въ глубинѣ зернистыя породы.

Эта мысль подтверждается такимъ множествомъ фактовъ, что мы можемъ ее считать вполнѣ справедливой. Нельзя, однако, умолчать о нѣкоторыхъ недоразумѣніяхъ, которыя являются въ этомъ вопросѣ: если палеозойскія наземныя образованія уничтожены дѣйствіемъ разрушительныхъ процессовъ, то обломки ихъ

должны присутствовать въ древнѣйшихъ конгломератахъ; но это ожиданіе не подтверждается: въ палеозойскихъ кластическихъ образованіяхъ мы не находимъ и слѣда эффузивныхъ породъ, напр., — обломковъ трахита. Съ другой стороны, свойства лакколитовъ какъ-бы опровергаютъ существованіе зависимости между строеніемъ горныхъ породъ и мѣстомъ ихъ образованія: несмотря на свое глубинное происхожденіе, они обладаютъ строеніемъ, которое свойственно трахитамъ. Всѣ эти затрудненія, какъ кажется, могутъ быть устранены слѣдующимъ образомъ.

Что касается лакколитовъ, то они представляютъ кристаллически-зернистую основную массу, лишенную стекла: отличіе ихъ отъ гранитовъ и т. п. породъ заключается только въ присутствіи большихъ порфировидныхъ выдѣленій; недостатокъ-же палеозойскихъ конгломератовъ совсѣмъ не должно принимать въ разсчетъ, такъ какъ мы знаемъ настоящія изверженныя породы этого возраста, хотя и уступающія въ своемъ распространеніи глубиннымъ образованіямъ. Онѣ называются иначе, чѣмъ третичныя эффузивныя породы, но совершенно не основательно, такъ какъ различіе между тѣми и другими весьма несущественно. Палеозойскія наземныя образованія сильно измѣнены продолжительнымъ вывѣтриваніемъ и сравнительно съ третичными породами утратили значительную долю сходства съ лавою; но и этотъ чисто внѣшній признакъ далеко не характеренъ: разсматривая кусокъ породы, даже опытные петрографы затрудняются рѣшить, имѣютъ-ли они дѣло съ древнимъ или новымъ кварцевымъ трахитомъ. Точно также нѣкоторыя основныя породы силлурійскаго, каменноугольнаго и тріасоваго возраста съ черною или темно-зеленою окраской могутъ быть только съ трудомъ отличены отъ третичныхъ базальтовъ; кромѣ того, въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ сопровождаются туфами. Мы не видимъ различія между базальтовыми лавами и базальтами; точно также надо было-бы пренебречь степенью сохраненія породъ и соединить въ одну группу палеозойскіе порфиры съ третичными трахитами, а палезойскіе базальты съ третичными базальтами. Въ такомъ случаѣ сами собою устранились бы указанныя выше недоразумѣнія, и недостатокъ трахитовыхъ обломковъ въ палеозойскихъ конгломератахъ пересталъ бы быть загадочнымъ.

Вышеприведенныхъ соображеній достаточно, чтобы понять, насколько можно руководствоваться возрастомъ породъ при классификаціи и опредѣленіи ихъ. До сихъ поръ этому признаку отводилось видное мѣсто, и въ виду практическихъ соображеній въ настоящую минуту довольно трудно отрѣшиться отъ такого неправильнаго дѣленія. Если бы даже и не удалось доказать, что породы палеозойской и мезозойской эры принадлежатъ къ однимъ и тѣмъ же типамъ, то и въ такомъ случаѣ петрографія должна бы была руководствоваться при классификаціи породъ только петрографическими признаками и петрографическими пріемами.

Главнѣйшіе типы горныхъ породъ.

При классификаціи горныхъ породъ необходимо руководствоваться не геологическимъ возрастомъ ихъ, а химическимъ и минералогическимъ составомъ. Та магма, которая на поверхности даетъ начало эффузивнымъ породамъ съ порфировымъ и стекловатымъ строеніемъ, образуетъ въ глубинѣ зернистыя массы. Такимъ образомъ въ каждой главной группѣ вулканическихъ породъ мы можемъ выдѣлить двѣ подгруппы, различныя по строенію и по условіямъ образованія.

Начнемъ описаніе главнѣйшихъ горныхъ породъ *съ гранита,* который является типичнымъ представителемъ зернистыхъ глубинныхъ образованій древнѣйшихъ періодовъ съ ортоклазомъ и кварцемъ. Кварцъ, ортоклазъ и слюда въ обоихъ ея видоизмѣненіяхъ являются главными составными частями этой породы; къ нимъ часто присоединяется еще плагіоклазъ, а слюда замѣщается роговою обманкою. Внѣшніе признаки гранита настолько общеизвѣстны, что мы не будемъ останавливаться на ихъ подробномъ описаніи.

Кварцевые порфиры, въ широкомъ смыслѣ этого слова, представляютъ порфировую разность того же состава; иногда ихъ основная масса обладаетъ зернистымъ строеніемъ и заключаетъ въ себѣ большіе порфировые кристаллы (гранито-порфиры); иногда же невооруженному глазу основная масса этой породы кажется совершенно однородной безъ всякихъ слѣдовъ зернистаго строенія. Послѣднее видоизмѣненіе обладаетъ въ большинствѣ случаевъ краснымъ цвѣтомъ и является характернымъ представителемъ кварцевыхъ порфировъ; подъ микроскопомъ ихъ основная масса обнаруживаетъ иногда ясныя зерна, иногда же обладаетъ фельзитовымъ строеніемъ, т.-е. является въ видѣ настоящаго стекла. Если порфировыя выдѣленія отсуствуютъ или встрѣчаются въ незначительномъ числѣ, то порода получаетъ названіе *фельзитоваго смоляного камня:* это стекловатая разность древнихъ породъ съ кварцемъ и ортоклазомъ.

Новѣйшимъ представителемъ разсматриваемаго типа являются *ріолиты или липариты* (кварцевые трахиты), которые, какъ мы упоминали уже выше, не отличаются по существу отъ древнѣйшихъ образованій. Вмѣсто обыкновеннаго ортоклаза мы находимъ здѣсь блестящую волокнистую разность его — санидинъ. Къ этой же группѣ принадлежатъ: обсидіаны, пемзы, перлиты и т. п. породы съ стекловатымъ строеніемъ; однако, до сихъ соединялись въ одну группу не только стекловатыя породы, родственныя липаритамъ, но также и стекла, обладающія составомъ трахитовъ и андезитовъ, о которыхъ рѣчь будетъ ниже.

Мы не будемъ входить въ подробную характеристику другихъ типовъ массивныхъ породъ и ограничимся краткимъ ихъ перечисленіемъ:

С і е н и т ъ — кристаллически-зернистая порода, состоящая главнымъ образомъ изъ ортоклаза и роговой обманки; изъ числа древнихъ эффузивныхъ образованій ей соотвѣтствуетъ лишенный кварца порфиръ, изъ новѣйшихъ же породъ — трахитъ.

Н е ф е л и н о в ы й (э л е о л и т о в ы й) с і е н и т ъ — кристаллически-зернистая масса, состоящая изъ полевого шпата и элеолита; соотвѣтствующія ей породы съ порфировымъ строеніемъ носятъ названіе *фонолитовъ;* въ нихъ обыкновенный полевой шпатъ замѣненъ блестящимъ санидиномъ, а элеолитъ — нефелиномъ или лейцитомъ; стекловатыя разности носятъ названіе *фонолитовыхъ обсидіановъ.*

Изъ числа другихъ кристаллически-зернистыхъ породъ наиболѣе часто встрѣчаются слѣдующія:

Д і о р и т ы — зернистая масса, состоящая изъ плагіоклаза и роговой обманки.

Д і а б а з ы — кристаллически-зернистая порода, образованная главнымъ образомъ плагіоклазомъ и авгитомъ.

Г а б б р о — кристаллически-зернистая смѣсь плагіоклаза и діаллага.

Среди древнѣйшихъ породъ порфироваго типа діоритамъ соотвѣтствуютъ порфириты, а среди новѣйшихъ образованій — андезиты, пропилиты и дациты; діабазамъ аналогичны авгитовые порфириты, а также малафиры, содержащіе оливинъ.

Подъ именемъ базальтовъ разумѣются сильно основныя плотныя породы третичнаго возраста, характеризующіяся обыкновенно черным цвѣтомъ; иногда отъ нихъ отлучаютъ кристаллически-зернистую разность того же типа, такъ называемые долериты. Эти третичныя и даже современныя образованія принадлежатъ къ группѣ діабазовъ и мелафировъ: по своему минералогическому составу и другимъ признакамъ они распадаются на нѣсколько классовъ.

Въ заключеніе должно сказать о змѣевикахъ (серпентинахъ); эта „простая“ порода состоитъ главнымъ образомъ изъ кремнекислоты, окиси магнія и воды, обладаетъ зеленою окраской и легко узнается, благодаря ея незначительной твердости: она царапается и даже разламывается ножемъ. Серпентины встрѣчаются не только среди древнихъ отложеній, но стоятъ также въ связи съ новѣйшими образованіями, относящимися къ концу третичнаго періода. Они являются продуктомъ измѣненій другихъ массивныхъ породъ, чаще всего тѣхъ, которыя содержатъ оливинъ.

---

9. Кристаллическіе сланцы.

Кристаллическіе сланцы и ихъ характеръ залеганія. — Органическая жизнь въ архейскую эру — Новѣйшіе кристаллическіе сланцы. — Происхожденіе кристаллическихъ сланцевъ.

Кристаллическіе сланцы и ихъ характеръ залеганія.

Мы познакомились съ двумя главными группами горныхъ породъ, происхожденіе которыхъ, несмотря на всѣ трудности, является въ бо́льшей или меньшей степени яснымъ. При изслѣдованіи осадочныхъ породъ мы руководствовались наблюденіями надъ образованіемъ современныхъ осадковъ; точно также для объясненія масивныхъ горныхъ породъ рѣшающее значеніе имѣли для насъ явленія, наблюдаемыя въ современныхъ вулканахъ. Существуетъ, однако, третья большая группа горныхъ породъ, такъ называемые *кристаллическіе сланцы*, которые самымъ поразительнымъ образомъ соединяютъ въ себѣ различныя особенности осадочныхъ и массивныхъ породъ и связываются съ тѣми и съ другими цѣлымъ рядомъ промежуточныхъ членовъ: въ процессахъ, наблюдаемыхъ въ настоящее время, мы не находимъ никакихъ указаній на ихъ происхожденіе. Подобно большинству механическихъ осадковъ кристаллическіе сланцы обладаютъ слоистостью, но состоятъ изъ кристаллическихъ частичекъ силикатовъ: этотъ двойственный характеръ занимающихъ насъ породъ до чрезвычайности затемняетъ ихъ происхожденіе; относящіеся сюда гнейсы, слюдяные сланцы, филлиты и др. достигаютъ огромной мощности и, занимая обширныя пространства земной поверхности, подстилаютъ большинство осадочныхъ породъ.

Подобно массивнымъ горнымъ породамъ, кристаллическіе сланцы состоятъ изъ *силикатовъ;* главная химическая составная часть ихъ — кремнекислота присутствуетъ въ количествѣ 40—80$^0/_0$; на ряду съ ней мы находимъ въ этихъ породахъ глиноземъ, окись и закись желѣза, известь, окиси магнія, калія и натрія и нѣкоторое количество воды; эти составныя части группируются въ различные минералы; среди послѣднихъ наиболѣе важное значеніе имѣютъ кварцъ, полевые шпаты, слюда, роговая обманка, хлоритъ, талькъ.

Прежде, чѣмъ мы перейдемъ къ выясненію происхожденія кристаллическихъ сланцевъ, мы должны познакомиться съ главнѣйшими представителями ихъ. Химическій составъ послѣднихъ приводится въ нижеслѣдующей таблицѣ:

	Красный гнейсъ изъ Саксоніи	Сѣрый гнейсъ изъ Саксоніи	Гнейсъ Троса въ Швеціи	Гранулитъ Россвейна въ Саксоніи	Слюдяной сланецъ Церматта	Слюдяной сланецъ изъ Саксоніи	Зеленый сланецъ изъ Саксоніи	Филлитъ изъ Силезіи	Фіолетовый серицитовый сланецъ Висбадена	Пятнистый серицитъ Висбадена	Роговообманковый сланецъ изъ Чехіи	Роговообманковый сланецъ изъ Финляндіи	Хлористый сланецъ изъ Пфитшталя	Тальковый сланецъ Гоштейна
Кремнекислоты	75,91	66,42	56,80	69,94	79,50	66,21	54,42	61,72	55,84	70,99	48,65	50,15	42,08	50,81
Глинозема . . .	14,11	14,76	20,73	10,05	13,36	18,60	15,32	19,55	15,62	13,77	16,42	13,30	3,51	4,53
Окиси желѣза .	—	—	6,27	—	2,87	—	5,61	—	4,86	0,38	18,62	27,84	—	7,58
Закиси желѣза .	2,03	7,50	5,65	4,66	—	5,34	7,14	8,55	8,25	3,91	5,17	—	27,41	
Извести	1,14	2,20	0,94	2,41	0,71	0,44	7,49	0,55	0,50	0,41	7,16	0,59	1,04	—
Магнезіи	0,40	1,80	2,90	1,60	0,95	1,24	3,84	1,08	1,39	0,37	2,32	2,65	17,10	31,55
Окиси калія . .	4,16	3,52	3,96	5,94	4,69	3,80	0,94	4,81	6,13	4,81	0,56	0,89	—	—
Окиси натрія . .	1,77	1,75	1,08	3,30	0,36	2,16	5,77		1,70	3,13	0,21	1,70	—	—
Воды	1,16	1,85	1,11	0,98	0,78	2,04	0,51	3,74	*5,19	*1,50	0,89	0,26	11,94	4,42
Всего . . .	100,68	99,80	99,44	98,89	103,22	99,83	01,04	100,00	99,48	99,27	100,00	97,38	102,41	98,89

NB. Цифры со звѣздочками (въ предпослѣдней строкѣ) показываютъ содержаніе воды вмѣстѣ съ флористымъ кальціемъ.

Однимъ изъ извѣстнѣйшихъ представителей кристаллическихъ сланцевъ является гнейсъ; онъ слагается главнымъ образомъ изъ каліеваго полевого шпата или ортоклаза, кварца и слюды, т.-е. обладаетъ тѣмъ же составомъ, какъ и гранитъ; различіе между тою и другою породою заключается въ слѣдующемъ: въ гранитѣ отдѣльные минералы распредѣляются безъ всякаго порядка, въ гнейсѣ же они расположены параллельно другъ другу; такимъ образомъ послѣдняя порода обладаетъ болѣе или менѣе ясною слоистостью; въ нѣкоторыхъ случаяхъ слоистость выражается очень слабо, а потому переходъ отъ гнейса къ граниту постепененъ. Близко къ гнейсу стоитъ такъ называемый *гранулитъ*, имѣющій, однако, значительно меньшее распространеніе; онъ слагается только изъ полевого шпата и кварца и содержитъ часто гранитъ. *Слюдяные сланцы,* чрезвычайно распространенные въ природѣ, состоятъ изъ кварца и слюды; сходныхъ съ ними по составу массивныхъ горныхъ породъ мы не знаемъ. Цѣлый рядъ переходныхъ членовъ, извѣстныхъ подъ названіемъ глинисто-слюдяныхъ сланцевъ, кристаллическихъ глинистыхъ сланцевъ и филлитовъ соединяетъ слюдяные сланцы съ обыкновенными кластическими *глинистыми сланцами,* въ массѣ которыхъ уже не существуетъ кристаллическихъ недѣлимыхъ. Названныя выше породы часто сопровождаются роговообманковыми, тальковыми и хлоритовыми сланцами, минералогическій составъ которыхъ опредѣляется уже ихъ названіемъ; наконецъ, подъ именемъ *зеленыхъ сланцевъ* разумѣется группа породъ, минералогическій составъ которыхъ не можетъ быть замѣченъ невооруженнымъ глазомъ, но которыя всегда характеризуются зеленымъ цвѣтомъ. Микроскопическое изслѣдованіе показало, что съ строго-петрографической точки зрѣнія эта группа не имѣетъ правъ на существованіе, такъ какъ она соединяетъ чрезвычайно разнообразныя породы; но геологи считаютъ и до сихъ поръ не безполезнымъ удерживать это названіе, объединяющее породы, чрезвычайно сходныя по своему внѣшнему виду.

Постоянными спутниками кристаллическихъ сланцевъ являются еще двѣ породы, которыя, хотя и не обнаруживаютъ параллельно-линейнаго расположенія ихъ элементовъ, но стоятъ въ весьма тѣсной связи съ кристаллическими сланцами; мы говоримъ о *кварцитѣ* и о *мраморѣ* *); первый изъ нихъ представляетъ явнокристаллическую массу кварца, второй состоитъ изъ бѣлыхъ кристалликовъ известковаго шпата, которые по своей хрупкости напоминаютъ зерна сахара и иногда превосходятъ ихъ. Мраморъ залегаетъ въ формѣ пластовъ или въ видѣ огромныхъ чечевицеобразныхъ массъ; съ трудомъ поддаваясь вывѣтриванію, онъ образуетъ въ послѣднемъ случаѣ высокіе горные гребни. Такъ, напр., огромная гора Аѳонъ въ Греческомъ Архипелагѣ, поднимающаяся на 2000 м. въ высоту, представляетъ чечевицу мра-

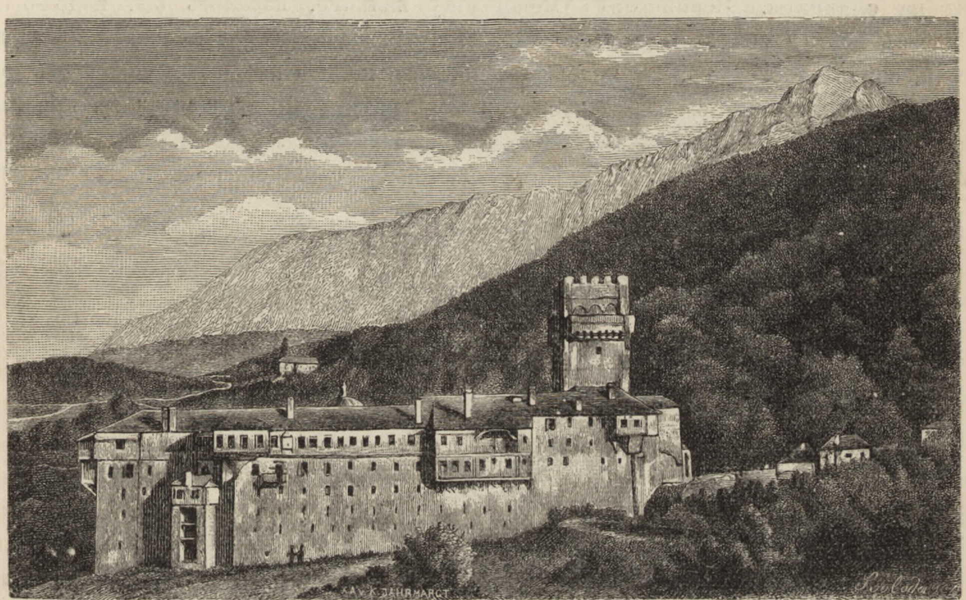


Рис. 421. Известковыя массы Аѳона; видъ съ монастыря Карокалу.

мора, которая залегаетъ среди кристаллическихъ сланцевъ; благодаря своему постоянству, она высоко поднимается среди горъ (рис. 421).

Какъ мы видѣли, кристаллическіе сланцы соединяютъ въ себѣ особенности осадочныхъ и массивныхъ горныхъ породъ. Это заставляло однихъ изслѣдователей приписывать ихъ происхожденіе вулканическимъ процессамъ, другіе же считали ихъ отложеніемъ, выдѣлившимся изъ воды. Но и въ томъ, и въ другомъ случаѣ многія явленія остаются необъясненными; въ виду этого мы должны остановиться подробно на вопросѣ о происхожденіи кристаллическихъ сланцевъ.

Проще всего, какъ кажется, было бы опредѣлить, какъ могутъ образоваться отдѣльные минералы, входящіе въ составъ кристаллическихъ сланцевъ; но большинство ихъ образуется самыми различными способами: кварцъ, полевой шпатъ, роговая обманка, авгитъ, слюда могутъ *непосредственно выкристаллизоваться изъ*

---

*) Въ петрографіи подъ именемъ мрамора разумѣются только кристаллически-зернистыя породы, представителемъ которыхъ можетъ служить мраморъ, употребляемый для статуй; не слѣдуетъ забывать, что въ разговорномъ языкѣ этимъ именемъ обозначаютъ всякій известнякъ, способный къ полировкѣ.

расплавленной массы: примѣры такого образованія ихъ отчасти наблюдаются въ природѣ, отчасти искусственно воспроизводятся въ лабораторіяхъ. Многіе изъ этихъ минераловъ встрѣчаются также *среди продуктовъ возгонки* и могутъ, слѣдовательно, образоваться изъ паровъ и газовъ, выдѣляемыхъ вулканомъ. Условія нахожденія этихъ минераловъ въ природѣ показываютъ, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ они выдѣлились при обыкновенной температурѣ изъ *воднаго раствора;* они являются иногда въ видѣ такъ называемыхъ псевдоморфозъ, о которыхъ мы будемъ говорить ниже, или же образуютъ кристаллы внутри животныхъ окаменѣлостей; наконецъ, опыты *Добре,* описанные въ одной изъ предыдущихъ главъ, показываютъ, что многіе минералы могутъ образоваться при дѣйствіи перегрѣтой воды на силикаты. Зернистому углекислому кальцію, казалось бы, надо было приписать водное происхожденіе, но опыты, произведенные различными изслѣдователями, свидѣтельствуютъ, что порошокъ, приготовленный изъ мѣла, раковинъ, арагонита и т. п., при высокомъ давленіи и температурѣ превращается въ кристаллическій известнякъ. Минералы, содержащіе много воды, каковы, напр., хлоритъ и талькъ, конечно не могли выдѣлиться изъ расплавленной массы. Но они не-

Рис. 422. Размѣръ Чешскаго Лѣса: a) бойскіе гнейсы, b) герцинскіе гнейсы, c) герцинскіе слюдяные сланцы съ включеннымъ въ нихъ гранитомъ, d) филлитъ, e) кембрійскія и силлурійскія образованія, f) каменноугольные пласты. (По Гюмбелю.)

рѣдко образуются въ природѣ изъ продуктовъ разрушенія другихъ минераловъ, и весьма возможно, что такое именно происхожденіе имѣютъ нѣкоторыя составныя части кристаллическихъ сланцевъ.

Такимъ образомъ наши свѣдѣнія объ образованіи отдѣльныхъ минераловъ не приводятъ еще ни къ какому опредѣленному выводу и не уясняютъ происхожденія сланцевъ; въ виду этого мы должны подробно познакомиться *съ характеромъ залеганія* послѣднихъ. Кристаллическіе сланцы принадлежатъ обыкновенно къ числу древнѣйшихъ горныхъ породъ и подстилаютъ залегающія надъ ними осадочныя образованія; только нѣкоторые граниты, стоящіе въ связи съ кристаллическими сланцами, обладаютъ тѣмъ же геологическимъ возрастомъ. Во многихъ мѣстахъ можно доказать, что занимающія насъ породы древнѣе старѣйшихъ изъ тѣхъ пластовъ, которые содержатъ окаменѣлости; онѣ предшествуютъ даже кембрійскимъ образованіямъ съ первыми остатками животныхъ. Такой характеръ залеганія разсматриваемыхъ породъ обнаруженъ въ Чехіи, Швеціи, Англіи, Сѣверной Америкѣ и во многихъ другихъ странахъ.

На границѣ Баваріи и Чехіи лежатъ лѣсистыя горы, почти цѣликомъ сложенныя изъ первобытныхъ породъ и извѣстныя подъ названіемъ Баварскаго и Чешскаго Лѣса. Это — широкій рядъ удлиненныхъ округлыхъ возвышенностей, которыя до такой степени тѣсно примыкаютъ другъ къ другу, что ихъ сравнивали съ окаменѣлымъ волнующимся моремъ. Вершины ихъ, поднимающіяся до 1500 м., одѣты густымъ дѣвственнымъ лѣсомъ. Въ общемъ характеръ залеганія породъ здѣсь однообразенъ: пласты простираются съ сѣверо-запада на юго-востокъ и падаютъ къ сѣверо-востоку. На рис. 422 представленъ идеальный профиль этихъ горъ;

онъ показываетъ, что на юго-западномъ краю залегаютъ наиболѣе древнія образованія, которыя по направленію къ сѣверо-востоку смѣняются постепенно все болѣе новыми пластами.

Въ качествѣ наиболѣе древнихъ породъ являются мощные, преимущественно красноватые гнейсы, которые *Гюмбель* назвалъ *бойскими гнейсами* (bojische Gneisformation). За ними слѣдуютъ *герцинскіе гнейсы* (hercynische Gneisformation), нѣсколько отличающіеся отъ предыдущихъ по своимъ петрографическимъ признакамъ и обыкновенно обладающіе сѣрою окраской. Верхніе пласты ихъ нерѣдко обогащаются

Рис. 423. Разрѣзъ черезъ такъ называемый „Частоколъ" въ Чешскомъ лѣсу: a) кварцитъ, b) гнейсъ. (По Гюмбелю.)

слюдой, теряютъ отчасти полевой шпатъ и, наконецъ, переходятъ въ настоящіе слюдяные сланцы, съ которыми стоятъ въ связи рогово-обманковые сланцы; это такъ называемые *герцинскіе слюдяные сланцы*. Наиболѣе новымъ образованіемъ являются кристаллическіе глинистые сланцы или филлиты, носящіе названіе *герцинскихъ филлитовъ* и переходящіе въ обыкновенные глинистые сланцы безъ всякихъ слѣдовъ кристаллическихъ зеренъ. Далѣе залегаютъ сѣрыя вакки, и тутъ только появляются первые слѣды окаменѣлостей: мы вступаемъ въ область кембрійскихъ образованій. Какъ герцинскіе, такъ и бойскіе пласты прорѣзываются жилами и штоками гранита и другихъ зернистыхъ породъ; тектоническое значеніе послѣднихъ часто только съ трудомъ поддается объясненію. Особенно любопытны граниты, заключенные въ массахъ краснаго гнейса и отличающіеся отъ послѣдняго только отсутствіемъ слоистости: они обладаютъ тою же окраской и содержатъ тѣ же разности полевого шпата, слюды и т. п.; точно также граниты, находящіеся въ герцинскихъ гнейсахъ, одинаковы съ послѣдними по всѣмъ своимъ петрографическимъ свойствамъ.

Рис. 424. „Частоколъ" въ Чешскомъ лѣсу. (По Гюмбелю.)

Среди другихъ жильныхъ образованій особеннаго вниманія заслуживаютъ кварциты, выступающіе среди бойскихъ гнейсовъ (рис. 423). Жилы этой породы обладаютъ небольшою мощностью, но могутъ быть прослѣжены на значительныхъ

разстояніяхъ; благодаря своему постоянству, кварциты выступаютъ среди разрушенныхъ гнейсовъ въ видѣ богато изрѣзанныхъ огромныхъ стѣнъ. Эти скалы народъ называетъ „частоколомъ“ (Pfahl); зубчатый край ихъ съ небольшими перерывами можетъ быть прослѣженъ болѣе, чѣмъ на протяженіе 18 географическихъ миль (см. рис. 424). Изъ другихъ породъ, заключающихся въ массахъ архейскихъ сланцевъ, слѣдуетъ назвать здѣсь зернистые известняки и графиты; послѣдняя порода представляетъ аморфную разность углерода и идетъ, между прочимъ, на приготовленіе карандашей; она залегаетъ отчасти въ гнейсахъ, отчасти въ известнякахъ и образуетъ совершенно правильные пласты, которые тянутся часто на значительныхъ разстояніяхъ.

Явленія, наблюдаемыя въ Чешскомъ Лѣсѣ, представляютъ одинъ изъ характерныхъ случаевъ залеганія кристаллическихъ сланцевъ и повторяются въ другихъ массивныхъ горахъ Европы; обыкновенно наиболѣе древнимъ представителемъ этихъ породъ является гнейсъ, затѣмъ слѣдуютъ слюдяные сланцы и родственныя имъ образованія, еще выше залегаютъ филлиты, представляющіе переходъ къ породамъ, содержащимъ окаменѣлости. Въ Саксоніи мы находимъ также сѣрыя и красныя разновидности гнейсовъ, соотвѣтствующія бойскимъ и герцинскимъ образованіямъ Гюмбеля. Въ слюдяныхъ сланцахъ этой мѣстности замѣчается любопытная особенность: они въ огромномъ количествѣ содержатъ закругленные обломки древнѣйшихъ породъ, — гнейсовъ и гранитовъ. Это явленіе, вообще очень рѣдко наблюдаемое въ архейскихъ образованіяхъ, повторяется и въ другихъ мѣстностяхъ, напр., въ Норвегіи, Сѣверной Америкѣ, въ сѣверо-восточныхъ Альпахъ, и имѣетъ огромное значеніе въ вопросѣ о происхожденіи кристаллическихъ сланцевъ.

За предѣлами Европы архейскія образованія достигаютъ широкаго распространенія въ центральной Африкѣ, въ Китаѣ, въ Бразиліи и въ Сѣверной Америкѣ. Кристаллическіе сланцы послѣдней изъ указанныхъ мѣстностей изучены очень подробно, а потому не безъинтересно будетъ сравнить ихъ съ описанными выше породами Чешскаго Лѣса, тѣмъ болѣе, что здѣсь повторяются уже знакомыя намъ явленія. Сланцы располагаются въ видѣ правильныхъ пластовъ: въ глубинѣ залегаютъ гнейсы, заключающіе въ себѣ мощныя массы кварцитовъ и известняковъ: послѣдніе почти на всемъ ихъ протяженіи обнаруживаютъ кристаллическое строеніе и только изрѣдка представляютъ плотныя массы. Не лишены значенія скудныя залежи конгломератовъ, а также присутствіе графита. Надъ этими породами, мощность которыхъ достигаетъ 6000 метровъ, располагается система несогласно напластованныхъ новѣйшихъ образованій, около 3000 метровъ мощностью; здѣсь мы находимъ гиперстениты, зернистые известняки и магнитный желѣзнякъ. Всю совокупность разсмотрѣнныхъ пластовъ, начиная съ гнейсовъ и кончая только-что названными породами, американскіе геологи называютъ „лаврентьевскою системой“; названіе происходитъ отъ р. Св. Лаврентія, въ области которой эти пласты достигаютъ наибольшаго развитія.

Точно также озеро Гуронъ дало названіе цѣлой системѣ новѣйшихъ кристаллическихъ сланцевъ (гуронская система): здѣсь залегаютъ несогласно напластованные слюдяные, хлоритовые и тальковые сланцы, филлиты, графитовые сланцы, кварциты, конгломераты и кристаллическизернистые известняки: они покоятся на лаврентьевскихъ пластахъ и заполняютъ образованныя ими впадины. Въ верхнихъ частяхъ этой толщи встрѣчаются несомнѣнныя окаменѣлости животныхъ, именно

остатки морскихъ лилій или криноидей и менѣе ясные слѣды кольчатыхъ червей; впрочемъ, эти породы относятъ въ настоящее время къ кембрійской системѣ *).

Такимъ образомъ во многихъ странахъ подъ нижними кембрійскими лоями залегаютъ кристаллическіе глинистые сланцы или филлиты; послѣдніе подстилаются слюдяными сланцами и другими родственными имъ породами, которыя въ свою очередь покоятся на массахъ гнейса, представляющаго двѣ разновидности: верхнія части этой породы обладаютъ преимущественно сѣрымъ, а нижнія — краснымъ цвѣтомъ. Все это заставляетъ предположить, что описанныя системы пластовъ образовались въ разныхъ странахъ одновременно; хотя это мнѣніе раздѣляется большинствомъ геологовъ, но въ пользу его нельзя привести прямыхъ доказательствъ.

Органическая жизнь въ архейскую эру.

Во многихъ странахъ мы находимъ подъ древнѣйшими кембрійскими отложеніями мощныя массы слоистыхъ и въ большинствѣ случаевъ сланцеватыхъ кристаллическихъ горныхъ породъ; объяснить ихъ происхожденіе составляетъ одну изъ главнѣйшихъ задачъ геологіи; на ряду съ этимъ выступаетъ другой важный вопросъ: обитали ли въ архейскій періодъ на землѣ организмы, или же условія того времени исключали возможность ихъ существованія.

Рис. 425. Эозоонъ (по Логану); въ 1/2 естественной величины.

Въ самое послѣднее время въ кремнистыхъ сланцахъ Бретани, переслаивающихся съ филлитами, *Барруа* нашелъ явные и многочисленные остатки *радіолярій*. Какъ ни интересно это открытіе, но для занимающаго насъ вопроса оно имѣетъ мало зна-

---

*) Первобытные гнейсы и сланцы, аналогичные лаврентьевской и гуронской системамъ Сѣв. Америки извѣстны и въ Россіи, именно въ Финляндіи, въ Олонецкой и Архангельской губерніяхъ, въ юго-западной и южной Россіи (Днѣпровская кристаллическая полоса), на Уралѣ и наконецъ, въ разныхъ мѣстностяхъ Сибири. Изъ этихъ породъ особеннаго вниманія заслуживаютъ по своей практической важности сланцы и гнейсы Урала, чрезвычайно богатые драгоцѣнными камнями (изумрудомъ, хризоберилломъ, фенакитомъ, турмалиномъ и др.), а также золотомъ и разными рудами. *Прим. перев.*

ченія, такъ какъ радіоляріи встрѣчаются на границѣ архейскихъ породъ съ кембрійскими. Огромное вниманіе ученаго міра привлекли къ себѣ образованія, найденныя въ массахъ первобытнаго гнейса и признанныя остатками животныхъ. Съ поразительной быстротой распространилось убѣжденіе, что органическая жизнь началась задолго до наступленія кембрійскаго періода. У самаго основанія мощныхъ свитъ кристаллическихъ сланцевъ были найдены слѣды низшаго организма, который получилъ названіе *эозоона* ἕως (eos) — утренняя заря; ζῷον (zoon) — животное, хотя это открытіе основывалось недоразумѣніемъ, однако мнѣнія объ органической природѣ эозоона высказывались иногда съ такою глубокою увѣренностью, что мы принуждены остановиться на этомъ вопросѣ нѣсколько подробнѣе.

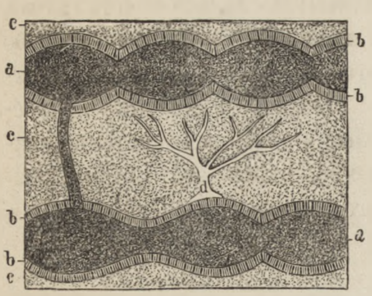


Рис. 426. Часть эозоона: a) серпентиновыя заполненія камеръ, b) волоконца, c) плотный известнякъ, d) развѣтвляющійся каналъ (идеальный рисунокъ Керпентера въ сильномъ увеличеніи.)

Въ массахъ мрамора, принадлежащаго къ лаврентьевской системѣ Канады, были найдены зерна, жилы и нити серпентина или другихъ близкихъ къ нему водныхъ силикатовъ. При внимательномъ изслѣдованіи этихъ образованій канадскій геологъ Логанъ пришелъ къ заключенію что расположеніе ихъ напоминаетъ камеры и каналы нѣкоторыхъ низшихъ животныхъ съ известковыми скорлупками. Къ этому мнѣнію присоединился *Даусонъ,* и мысль о животномъ происхожденіи эозоона стала быстро распространяться, особенно послѣ того, какъ англійскіе спеціалисты по изученія корненожекъ высказались въ ея пользу (1864 г.). Въ различныхъ мѣстностяхъ Европы — въ Ирландіи, въ Швеціи, въ Россіи, въ Баварскомъ и Чешскомъ Лѣсѣ, въ Силезіи, въ Альпахъ и въ Пиренеяхъ были найдены подобныя же образованія, и строеніе предполагаемаго организма было точно возстановлено.

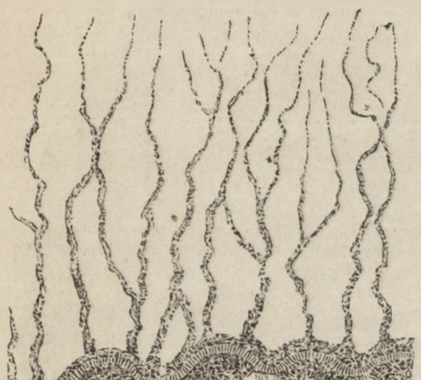


Рис. 427. Часть эозона съ реставрированными мягкими частями (по Даусону) въ сильномъ увеличеніи.

Эозоонъ былъ отнесенъ къ классу корненожекъ; онъ обладалъ неправильною формой и достигалъ величины съ голову или съ кулакъ; известнякъ соотвѣтствуетъ скорлупкамъ этого организма, а частицы змѣевика — каналамъ и камерамъ его; онъ имѣлъ широкое основаніе и выпуклую верхнюю поверхность (рис. 425). Невооруженный глазъ видитъ полосы серпентина съ перетяжками въ нѣкоторыхъ мѣстахъ; онѣ представляютъ сходство съ бусами; каждое расширеніе соотвѣтствуетъ камерѣ, которая свободно соединяется съ сосѣдними. Отдѣльныя полосы серпентина обрамляются узкими каемками, которыя при сильныхъ увеличеніяхъ распадаются на множество тонкихъ, параллельно расположенныхъ серпентиновыхъ или асбестовыхъ волоконъ. Эти волокна разсматривались, какъ заполненія нѣжныхъ поръ, наблюдаемыя у многихъ

корненожекъ, и въ присутствіи ихъ мы видѣли главный доводъ въ пользу органическаго происхожденія эозоона. Между каждою парою змѣевиковыхъ полосокъ располагается плотная масса известняка, не содержащая тонкихъ волоконъ, а прорѣзанная каналоподобными жилками серпентина; эти жилки иногда соединяютъ два ряда камеръ, иногда же развѣтвляются и слѣпо оканчиваются въ массѣ известняка.

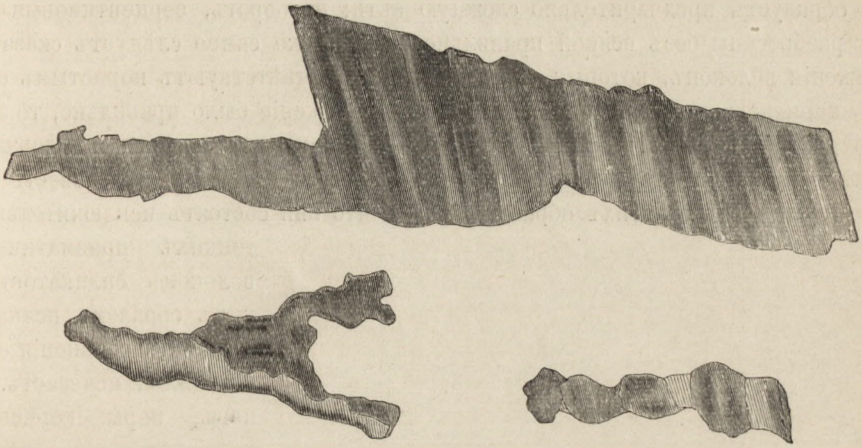


Рис. 428—430. Воображаемые каналы эозоона послѣ обработки соляною кислотой (по Мёбіусу) въ сильномъ увеличеніи.

Образованія, аналогичныя описаннымъ, наблюдаемъ мы и у корненожекъ: у нѣкоторыхъ изъ нихъ между пористыми частями скорлупки находятся известковыя

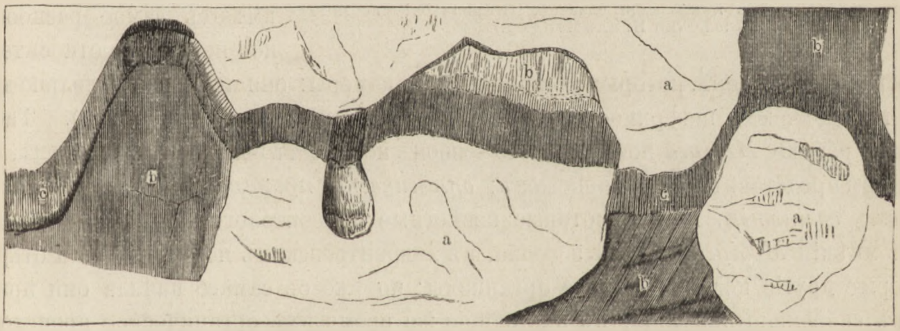


Рис. 431. Шлифъ эозоона a) змѣевикъ (серпентинъ), b) известнякъ, c) волокнистыя полосы, въ сильномъ увеличеніи. (По Мёбіусу.)

части, прорѣзанныя канальцами. Вышеприведенныя данныя позволили возстановить строеніе камеръ эозоона, которыя и изображены на рис. 426 и 427.

Ученіе о животномъ происхожденіи эозоона пріобрѣло широкое распространеніе среди палеонтологовъ; однако, нѣкоторые изслѣдователи пытались опровергнуть его самымъ рѣшительнымъ образомъ, другіе принимали его съ сдержанною нерѣшительностью и недовѣріемъ: указывалось, что въ пользу органическаго происхожденія эозоона нельзя привести никакихъ положительныхъ доводовъ и что, по всей вѣроятности, жилки, зерна и волокна, найденныя въ архейскихъ породахъ, являются просто минеральными выдѣленіями; воспользовавшись весьма обширнымъ матеріаломъ, *Мебіусъ* заново разслѣдовалъ вопросъ и пришелъ къ заключенію, что мнимый эозоонъ является неорганическимъ образованіемъ: онъ не представляетъ въ своемъ строеніи

той правильности, которая свойственна организмамъ; предполагаемые каналы, освобожденные при помощи соляной кислоты отъ заполняющей ихъ массы (рис. 428—430), не обнаруживаютъ сходства съ каналами корненожекъ: они являются въ видѣ совершенно плоскихъ неправильныхъ трещинъ. У всѣхъ корненожекъ система каналовъ начинается вблизи начальной камеры и открывается на поверхности скорлупки или же образуетъ предварительно сложную сѣть; наоборотъ, серпентиновыя жилки эозоона разбросаны безъ всякой правильности. То же самое слѣдуетъ сказать и о расположеніи волоконъ, которыя, какъ полагали, соотвѣтствуютъ пористымъ образованіямъ корненожекъ; если бы послѣднее предположеніе было правильно, то каждое волокно должно было бы состоять главнымъ образомъ изъ извести и содержать въ серединѣ округлую жилку силиката; однако *Мебіусъ* показалъ, что известь совершенно отсутствуетъ въ этихъ образованіяхъ и что они состоятъ исключительно изъ тонкихъ призматическихъ волоконъ силикатовъ: такимъ образомъ всякая возможность сравненія съ корненожками исчезаетъ. Наконецъ, поры корненожекъ проходятъ съ внутренней стороны камеры на наружную поверхность по кратчайшему пути; что же касается волоконъ эозоона, то они имѣютъ самое разнообразное положеніе относительно серпентиновыхъ ядеръ, которыя принимались за камеры: они идутъ параллельно другъ другу и встрѣчаютъ поверхность ядра подъ косыми углами (см. рис. 439). Такимъ образомъ работы *Мёбіуса* показали, что эозоонъ не можетъ быть разсматриваемъ, какъ одинъ изъ представителей корненожекъ; *органическое происхожденіе его подлежитъ большому сомнѣнію,* хотя нѣкоторые извѣстные палеонтологи и не раздѣляютъеще вполнѣ мнѣній *Мёбіуса.* Кромѣ эозоона, въ лаврентьевскихъ породахъ были открыты нѣкоторые другіе незначительные организмы; но уже съ самаго начала они привлекали къ себѣ мало вниманія, въ настоящее же время ихъ органическое происхожденіе можно считать окончательно отвергнутымъ. Мнимый эозоонъ и его спутники оказались минеральными образованіями, но это еще *не говоритъ противъ существованія органической жизни въ архейскую эру,* и хотя имѣющіяся въ нашемъ распоряженіи данныя, не даютъ прямыхъ доказательствъ въ пользу существованія организмовъ въ это время, но они дѣлаютъ его весьма вѣроятнымъ.

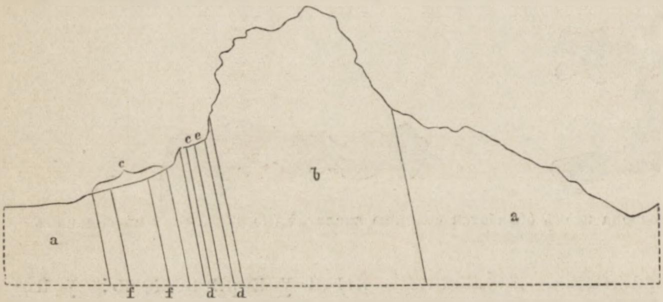


Рис. 432. Профиль битуминозныхъ гнейсовъ и слюдяныхъ сланцевъ Нуллаберга въ Вермландѣ въ Швеціи: a) гранитогнейсъ, b) гиперитъ, c) битуминозный гнейсъ и слюдяной сланецъ, d) битуминозный слюдяной сланецъ, e) мелкозернистый гнейсъ и слюдяной сланецъ, f) тонкіе битуминозные слои. (По Игельштрему.)

Какъ мы уже указывали, въ массахъ кристаллическихъ сланцевъ нерѣдко находится графитъ и зернисто-кристаллическій известнякъ. У Нуллаберга въ Вермландѣ (въ Швеціи) открыты гнейсы и сланцы, обладающіе мощностью около 30 м.; и на всемъ своемъ протяженіи прорѣзывающіеся чернымъ батуминознымъ веществомъ (рис. 432). Съ полнымъ основаніемъ графитъ можно считать конечнымъ членомъ въ ряду минеральныхъ углей: при посредствѣ антрацита, каменныхъ и бурыхъ углей онъ связывается съ современными торфяниками; среди каменноугольныхъ образованій сѣверныхъ Альпъ графитъ встрѣчается между породами, превратившимися

въ кристаллическіе сланцы и сохранившими значительные остатки растеній; всѣ мощныя залежи известняковъ, относящіяся къ послѣархейскому времени, а также и всѣ битуминозныя образованія обладаютъ органическимъ происхожденіемъ: въ виду этого мы имѣемъ весьма серьезное основаніе допустить существованіе животной и растительной жизни въ архейскую эру.

Но присутствіе графитовъ и кристаллически-зернистыхъ известняковъ еще не служитъ рѣшительнымъ доводомъ въ пользу положительнаго рѣшенія вопроса: какъ мы уже знаемъ, графитъ встрѣчается въ массахъ метеоритовъ, которые не обнаруживаютъ даже слѣдовъ органической жизни (стр. 109); кромѣ того, спектральный анализъ показалъ, что углеводороды присутствуютъ въ кометахъ и накаленныхъ космическихъ массахъ (стр. 106). Такимъ образомъ организмы не составляютъ необходимаго условія для образованія графита и битуминозныхъ веществъ, какъ это думали прежде. Но если отрѣшиться отъ мысли объ органическомъ происхожденіи архейскихъ известняковъ, то вопросъ о способахъ ихъ образованія становится до чрезвычайности труднымъ; во всякомъ случаѣ при современномъ состояніи нашихъ свѣдѣній мы не можемъ окончательно отвергать неорганическое происхожденіе этихъ породъ.

Другимъ доводомъ въ пользу существованія органической жизни въ архейскій періодъ служитъ теорія происхожденія видовъ: всѣ высшіе виды растеній и животныхъ образовались изъ низшихъ; путемъ постепенныхъ измѣненій населеніе каждаго предыдущаго періода преобразовывалось въ организмы слѣдующихъ эпохъ. Древнѣйшія окаменѣлости кембрійскаго періода находятся въ рѣзкомъ противорѣчіи съ этой теоріей: здѣсь мы находимъ высоко организованныхъ ракообразныхъ, плеченогихъ и другихъ животныхъ; такимъ образомъ органическая жизнь должна была существовать задолго до наступленія кембрійскаго періода, и названныя формы животныхъ должны были развиться изъ простѣйшихъ организмовъ, соотвѣтствующихъ современнымъ Protozoa. Всякій послѣдовательный сторонникъ теоріи Дарвина долженъ придти къ заключенію, что органическая жизнь существовала въ архейскую эру; но мы не должны забывать, что и само ученіе о происхожденіи видовъ еще нельзя считать окончательно доказаннымъ и что однимъ изъ важнѣйшихъ доводовъ въ его пользу было бы открытіе организмовъ въ архейскихъ образованіяхъ: если для доказательства гипотезы мы станемъ прибѣгать къ новымъ предположеніямъ и догадкамъ, то можемъ впасть въ грубыя ошибки.

Въ виду всего сказаннаго выше существованіе органической жизни въ архейскую эру не можетъ быть доказано, хотя и является весьма вѣроятнымъ.

Новѣйшіе кристаллическіе сланцы.

Архейскіе кристаллическіе сланцы обладаютъ весьма широкимъ распространеніемъ въ средней и западной Европѣ, гдѣ и началось ихъ изученіе; въ виду этого установилось убѣжденіе, что всѣ кристаллическіе сланцы относятся къ архейской эрѣ и являются образованіями болѣе древними, чѣмъ старѣйшія изъ кембрійскихъ отложеній. Однако, во многихъ мѣстностяхъ встрѣчаются также кристаллическіе сланцы болѣе поздняго времени, но нѣкоторые геологи до такой степени сжились съ старыми представленіями, что считаютъ всѣ эти наблюденія ошибочными лишь

потому, что они не согласуются съ ихъ теоретическими воззрѣніями. Только со времени плодотворныхъ изслѣдованій *Рейша* на западномъ берегу сѣверной Норвегіи все болѣе и болѣе стала распространяться увѣренность въ существованіи новѣйшихъ кристаллическихъ сланцевъ. Правда, уже задолго до того высказывалась мысль, что на Скандинавскомъ полуостровѣ существуютъ огромныя массы кристаллическихъ сланцевъ кембрійскаго и силурійскаго возраста; но только названному выше изслѣдователю удалось доказать, что горныя породы въ окрестностяхъ Бергена, считавшіяся до тѣхъ поръ первобытными, относятся къ силлурійскому періоду: въ тальковыхъ сланцахъ, гнейсѣ, глинисто-слюдяныхъ сланцахъ, кварцитѣ и мраморѣ этой мѣстности онъ нашелъ окаменѣлости трилобитовъ, моллюсковъ, плеченогихъ и коралловъ (рис. 433—435). Сторонники старыхъ воззрѣній пытались доказать, что новѣйшіе кристаллическіе сланцы по своему петрографическому характеру не соотвѣтствуютъ первобытнымъ породамъ; но по отношенію къ силлурійскимъ образованіямъ Норвегіи этотъ доводъ не имѣетъ никакого значенія: „самое тщательное петрографическое изслѣдованіе этихъ сланцевъ показываетъ, что они являются совершенно однородными съ архейскими сланцами“ *(Розенбушъ)*.

Рис. 433—435. Остатки трилобитовъ изъ слюдяныхъ сланцевъ Бергена въ Норвегіи. (По Реушу.)

Въ Арденахъ, на Гарцѣ, въ Таунусѣ, въ Тюрингскомъ Лѣсѣ и въ Судетскихъ горахъ также встрѣчаются новѣйшіе кристаллическіе сланцы. Гнейсы, филлиты, авгитовые и слюдяные сланцы, залегающіе въ Таунусѣ, совершенно сходны съ архейскими образованіями; полукристаллическія породы связываютъ ихъ съ девонскими отложеніями, которыя и въ характерѣ залеганія обнаруживаютъ съ ними большое сходство; въ виду этого названные сланцы можно отнести къ девонскому періоду. Особенно любопытно наблюденіе, сдѣланное въ юго-восточной части Гарца и въ Арденахъ: оказывается, что кристаллическія породы преобладаютъ въ мѣстахъ гдѣ происходили наиболѣе сильныя нарушенія; наоборотъ, тамъ, гдѣ горныя массы пластуются правильно и спокойно, мы находимъ въ большинствѣ случаевъ обыкновенныя кластическія породы.

Въ Судетскихъ горахъ нижній и средній отдѣлы девонской системы состоятъ изъ богатыхъ слюдою кварцитовъ, изогнутыхъ въ мелкія складки филлитовъ и зернистыхъ известняковъ; кристаллическій характеръ этихъ породъ выраженъ такъ рѣзко, что до открытія окаменѣлостей онѣ относились къ архейской эрѣ. Подъ кристаллическими девонскими образованіями лежитъ зеленоватый хлоритовый гнейсъ и гнейсовый сланецъ. Принадлежность послѣднихъ породъ къ архейской группѣ не доказана, и ихъ съ тѣмъ же правомъ можно считать представителями силлурійскихъ образованій.

Такимъ образомъ въ сбросовыхъ горахъ сѣверной и средней Европы палеозойскія образованія пріобрѣли во многихъ мѣстахъ кристаллическій характеръ; что же касается складчатыхъ горъ, то здѣсь эти любопытныя превращенія наблюдаются въ мезозойскихъ и среди нихъ даже въ третичныхъ отложеніяхъ. При сложности строенія складчатыхъ цѣпей изученіе подобныхъ явленій чрезвычайно затруднено, но тѣмъ

не менѣе удалось установить слѣдующiй фактъ: въ восточныхъ Альпахъ силлурiйскiя образованiя Радштедскаго Тауэрна прiобрѣтаютъ рѣзко выраженный кристаллическiй характеръ: здѣсь мы находимъ гнейсы и слюдяные сланцы. Еще болѣе широкаго развитiя достигаютъ кристаллическiя породы, стоящiя въ связи съ каменноугольными образованiями: въ слюдяныхъ и графитныхъ сланцахъ и кварцевыхъ филлитахъ сѣверо-восточныхъ Альпъ найдены несомнѣнные и хорошо сохранившiеся остатки каменноугольныхъ растенiй; въ связи съ этими породами стоятъ кристаллическiе гнейсы и пласты каменнаго угля, превратившагося въ графитъ. Въ западныхъ Альпахъ новѣйшiя отложенiя, по своимъ окаменѣлостямъ принадлежащiя къ лейясовой эпохѣ, прiобрѣли кристаллическое строенiе и превратились въ глинистые сланцы, известковые филлиты, мраморы и роговики. Пермскiя образованiя этой области въ мѣстахъ наиболѣе сильныхъ тектоническихъ нарушенiй прiобрѣли свойства гнейсовъ.

Рис. 436. Аѳинскiй Акрополь.

Новѣйшие кристаллическiе сланцы широко распространены въ прибрежныхъ областяхъ Греческаго архипелага. Въ среднихъ частяхъ Грецiи плотные сѣрые известняки съ окаменѣлостями мѣлового перiода достигаютъ значительной мощности и пользуются большимъ распространенiемъ; они стоятъ въ тѣсной связи съ песчаниками и сланцевыми глинами, извѣстными подъ названiемъ „мачиньо"; послѣднiя бѣдны окаменѣлостями и обнаруживаютъ сходство съ подобными имъ образованiями альпiйскихъ цѣпей. Въ западныхъ частяхъ названной области эти нормальныя отложенiя прiобрѣтаютъ кристаллическое строенiе: городъ Аѳины лежитъ приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ происходитъ это измѣненiе; возвышенности, расположенныя къ западу отъ него, сложены изъ осадочныхъ породъ; на юго-востокѣ же простираются кристаллическiя горы Лаврiонъ; породы, на которыхъ построенъ самый городъ и холмы, лежащiе въ ближайшихъ его окрестностяхъ, отчасти принадлежатъ къ нормальнымъ осадкамъ, отчасти обладаютъ полукристаллическимъ строенiемъ. Въ прежнее время полукристаллическiе сланцы Аѳинской низменности были прикрыты известняками, которые въ значительной массѣ разрушились и выступаютъ нынѣ въ видѣ одинокихъ скалъ; эти породы образуютъ крутыя стѣны городскихъ холмовъ: Акрополя (рис. 436), Ареопага, Пникса, Ликобетта и другихъ; онѣ отчасти обладаютъ кристаллическимъ строенiемъ, отчасти лишены его и заключаютъ во многихъ мѣстахъ слѣды мѣловыхъ окаменѣлостей. Въ Лаврiонскихъ горахъ сланцы Аѳинъ обнаруживаютъ кристаллическiй характеръ: зеленые глинистые сланцы превратились здѣсь въ темно-зеленые блестящiе хлоритово-слюдяные сланцы, мер-

гели — въ известково-глинистые сланцы, а сѣрые известняки — въ бѣлые крупнозернистые мраморы. Существованіе въ Аттикѣ кристаллическихъ мѣловыхъ отложеній встрѣтило немало возраженій, но точныя изслѣдованія этой мѣстности самымъ блестящимъ образомъ подтвердили вышеприведенные факты.

Подобныя же наблюденія были сдѣланы и въ окрестностяхъ Греческаго архипелага, не исключая и Аппенинскаго полуострова. Присутствіе скудныхъ, но несомнѣнныхъ окаменѣлостей доказываетъ, что издревле-знаменитыя залежи каррарскаго мрамора въ Апуанійскихъ Альпахъ, равно какъ и сопровождающіе ихъ серицитовые, хлоритовые и слюдяные сланцы относятся къ тріасовой системѣ; гнейсоподобныя породы, подстилающія эти тріасовыя образованія, произошли вслѣдствіе измѣненія пермскихъ конгломератовъ. Но кристаллическіе сланцы встрѣчаются не только въ вышеназванныхъ мѣстностяхъ: они извѣстны и въ отдаленныхъ странахъ—въ Бирмѣ, на Андаманскихъ и Никобарскихъ островахъ, на Огненной Землѣ, въ Южно-Американскихъ Андахъ и въ прибрежныхъ цѣпяхъ Калифорніи. Хотя изслѣдованіе такихъ образованій принадлежитъ къ числу наиболѣе трудныхъ задачъ геологіи, но цѣлый рядъ ученыхъ доказалъ ихъ присутствіе въ разныхъ частяхъ земли; отсюда нѣтъ никакой возможности сомнѣваться, что кристаллическіе сланцы встрѣчаются *среди новѣйшихъ отложеній.*

Происхожденіе кристаллическихъ сланцевъ.

Въ наше время не образуется на днѣ моря кристаллическихъ сланцевъ, а потому мы и не можемъ приписывать ихъ происхожденіе обычнымъ нынѣ дѣйствующимъ процессамъ осажденія. *Вернеръ* предполагалъ, что гнейсы и кристаллическіе сланцы непосредственно выкристаллизовались изъ воды при тѣхъ же условіяхъ и при той же температурѣ, которыя наблюдаются въ настоящее время; но этотъ взглядъ давно оставленъ. Остается два возможныхъ способа происхожденія кристаллическихъ сланцевъ: они могли непосредственно выдѣлиться изъ воды при условіяхъ, которыя нынѣ уже не существуютъ, или же, образовавъ первоначально нормальные осадки, подверглись позднѣйшимъ измѣненіямъ. Оба воззрѣнія имѣютъ многочисленныхъ сторонниковъ и до сихъ поръ враждуютъ между собою.

Какъ мы видѣли выше, гранитъ и гнейсъ имѣютъ одинаковый минералогическій составъ и отличаются другъ отъ друга только тѣмъ, что послѣдняя изъ названныхъ породъ обладаетъ болѣе ясно выраженною сланцеватостью. Такъ какъ обѣ эти породы и по мѣсту нахожденія находятся въ близкой связи между собой, то было бы естественно предположить, что онѣ образовались одинаковымъ способомъ, т. е. застыли изъ расплавленнаго состоянія. До сихъ поръ еще распространено мнѣніе, что не только древніе гнейсы, но также слюдяные и глинистые сланцы, подстилающіе кембрійскія образованія, выкристаллизовались изъ расплавленныхъ массъ, и что они представляютъ ту *первоначальную земную кору*, которая образовалась въ первые моменты охлажденія нашей планеты. Другая теорія опирается на вышеописанные опыты *Добре* съ перегрѣтой водой; сущность ея заключается въ слѣдующемъ: когда земля находилась еще въ расплавленномъ состояніи, вся углекислота, нынѣ связанная известняками и доломитами, и вся вода океана находилась въ газообразномъ состояніи и составляли атмосферу раскаленнаго земного шара; въ этой огромной

массѣ газовъ заключалась и та углекислота, которая потрачена на образованіе каменныхъ углей и животныхъ тканей; давленіе такой мощной газовой оболочки достигало 700—800 атмосферъ. Какъ извѣстно, точка кипѣнія воды и температура сгущенія пара зависитъ отъ атмосфернаго давленія: съ повышеніемъ послѣдняго вода кипитъ при болѣе высокой температурѣ. При давленіи въ 800 атмосферъ сильно перегрѣтая вода должна была выпасть на землю обильнымъ дождемъ и, какъ показываютъ опыты *Добре*, могла растворить и измѣнить первоначальную земную кору. Первобытное море было насыщено растворенными въ немъ силикатами, которые, по мѣрѣ охлажденія земли, постепенно выкристаллизовывались и дали начало архейскимъ кристаллическимъ сланцамъ.

Первая изъ этихъ теорій разсматриваетъ кристаллическіе сланцы, какъ застывшую огненно-жидкую массу, вторая считаетъ ихъ химическими осадками, вродѣ каменной соли или гипса. Послѣднее объясненіе не согласуется съ строеніемъ первобытныхъ горныхъ породъ: въ случаѣ осажденія изъ воды минеральныя частицы должны были бы отлагаться слоями, смотря по степени ихъ растворимости; но этого на самомъ дѣлѣ мы не видимъ; разсматриваемыя породы представляютъ милліоны тончайшихъ слоевъ слюды и кварца съ полевымъ шпатомъ; такое распредѣленіе минеральныхъ составныхъ частей было бы немыслимо, если бы силикаты выдѣлились изъ раствора. Эта теорія не объясняетъ также чередованія мощныхъ массъ гнейса, слюдяныхъ, хлоритовыхъ и т. п. сланцевъ съ известняками и доломитами. Извѣстно, что составъ морской воды одинаковъ на протяженіи всего океана; такое явленіе не простая случайность, а необходимое слѣдствіе физическихъ законовъ: диффузія вмѣстѣ съ морскими теченіями и вѣтромъ уравниваетъ составъ морской воды; то же должно было происходить всегда, когда существовало море. Если воды послѣдняго насыщены какимъ-либо минеральнымъ веществомъ, то оно выдѣляется повсемѣстно; кристаллизація какого-нибудь другого вещества можетъ начаться только въ томъ случаѣ, если измѣнится составъ морской воды на протяженіи всего океана. Для того, чтобы могли образоваться пласты известняковъ, прикрывающіе гнейсъ, воды первобытнаго моря должны были быть насыщены сначала силикатами, а потомъ углекислымъ кальціемъ. Точно также и сланцы могли отложиться поверхъ известняковъ только въ томъ случаѣ, если составъ морской воды измѣнился въ обратномъ направленіи. Другимъ затрудненіемъ является присутствіе несомнѣнныхъ конгломератовъ среди кристаллическихъ сланцевъ. Совершенно закругленныя гальки, изъ которыхъ состоятъ эти породы, могли образоваться только дѣйствіемъ воды; съ другой стороны, и строеніе такого рода сланцевъ указываетъ на ихъ классическое происхожденіе: составныя части ихъ перемѣшаны другъ съ другомъ и до такой степени скучены, что форма каждаго зерна опредѣляется окололежащими частицами. Такое строеніе возможно только въ тѣхъ породахъ, которыя первоначально отложились изъ воды въ видѣ простыхъ механическихъ осадковъ.

Въ виду всего сказаннаго, мы не можемъ придавать существеннаго значенія химическому выдѣленію осадковъ изъ перегрѣтыхъ растворовъ: этимъ путемъ не могли образоваться архейскія породы; приведенныя соображенія заставляютъ насъ также отвергнуть гипотезу, которая разсматриваетъ всѣ первобытныя породы‘ какъ остатокъ первоначальной земной коры. Образованія, содержащія конгломераты и постепенно переходящія въ обыкновенныя осадочныя породы и обладающія

строеніемъ кластическихъ отложеній, не могли произойти изъ расплавленной массы. Впрочемъ перечисленные признаки относятся главнымъ образомъ къ верхнимъ слоямъ архейскихъ породъ; если же мы оставимъ послѣднія въ сторонѣ и будемъ разсматривать доступное нашему наблюденію основаніе кристаллическихъ сланцевъ, то дѣло представится въ нѣсколько иномъ свѣтѣ.

Первоначальная земная кора должна была существовать, несомнѣнно: безъ нея немыслимо образованіе океановъ, отложеніе осадочныхъ породъ и изліяніе на поверхность вулканическихъ массъ. Первобытная твердая оболочка, повидимому, была одинакова на протяженіи всей земли: она должна была обладать тѣмъ же составомъ и строеніемъ, какъ и древнѣйшія изъ изверженныхъ породъ, т.-е. граниты: массы, изливавшіяся на поверхность, были тогда близки къ составу коры и охлаждались приблизительно при тѣхъ же условіяхъ, при которыхъ застыла и она сама.

Древнѣйшие изъ кристаллическихъ сланцевъ удовлетворяютъ обоимъ вышеуказаннымъ требованіямъ: они обладаютъ гранитнымъ или гранито-подобнымъ составомъ и распространены почти повсемѣстно. Всюду, гдѣ только были произведены изслѣдованія, гранитъ и гнейсъ составляютъ фундаментъ всѣхъ залегающихъ надъ ними породъ. Даже въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ древнѣйшія породы прикрыты мощною толщею новѣйшихъ образованій, изверженныя массы выносятъ на дневную поверхность обломки гранита и гнейса; отсюда возможно заключить, что первобытныя породы составляютъ оболочку, неразрывную на протяженіи всей земли, и что повсемѣстно на болѣе или менѣе значительныхъ глубинахъ залегаютъ кристаллическіе сланцы. Основаніемъ всѣхъ древнѣйшихъ горныхъ породъ является гнейсъ; минералогическій составъ и даже строеніе его до того близки къ прорѣзывающимъ его гранитамъ, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ бываетъ весьма трудно отличить одну породу отъ другой.

Эти особенности совпадаютъ съ предположенными выше свойствами первобытной земной коры, а потому мы можемъ съ большимъ вѣроятіемъ допустить, что гнейсы, равно какъ и близкіе къ нимъ граниты, представляютъ твердую оболочку земли.

Такимъ образомъ старая теорія, разсматривавшая всѣ кристаллическіе сланцы какъ первобытную кору, заключаетъ въ себѣ зерно истины; но было бы большою ошибкою приписывать всѣмъ разнообразнымъ сланцамъ одно и то же происхожденіе и переносить свойства гнейсовъ даже на тѣ слои, происхожденіе которыхъ изъ воды не подлежитъ сомнѣнію. Обращаясь къ послѣдней группѣ кристаллическихъ сланцевъ, мы наталкиваемся на чрезвычайно трудный вопросъ: каковы были тѣ условія, которыя сообщили этимъ породамъ кристаллическое строеніе. Одна изъ существующихъ теорій полагаетъ, что такое превращеніе кластическаго матеріала въ кристаллическій произошло непосредственно послѣ его отложенія („diagenesis“), другая же теорія относитъ это измѣненіе къ послѣднему времени, приписывая ее такъ называемому метаморфизму.

Каждый осадокъ испытываетъ нѣкоторыя измѣненія непосредственно послѣ своего отложенія: это явленіе можетъ быть наблюдаемо уже въ современныхъ моряхъ, гдѣ рыхлыя отложенія мало-по-малу переходятъ въ твердыя массы. Такія измѣненія происходятъ въ той же средѣ, гдѣ происходило отложеніе, и составляютъ какъ бы непосредственное продолженіе этого процесса; они то и

называются *діагенезисомъ:* наоборотъ, метаморфизмъ, какъ явленіе позднѣйшее, происходитъ при условіяхъ, совершенно отличающихся отъ тѣхъ, при которыхъ совершалось осажденіе. Сторонники діагенетическаго измѣненія предполагаютъ, что кристаллическіе сланцы отлагались первоначально въ формѣ механическихъ осадковъ и, благодаря условіямъ, которыя существовали только въ первобытномъ морѣ, тотчасъ же пріобрѣтали кристаллическое строеніе. Причина явленія кроется въ высокомъ атмосферномъ давленіи, въ высокой температурѣ и въ повышенномъ раствореніи морскою водою твердыхъ массъ: вслѣдствіе этого механическіе осадки, приносимые съ материка, а можетъ быть и первобытные вулканическіе туфы, переходили въ кристаллическіе сланцы. Съ пониженіемъ температуры и атмосфернаго давленія условія осажденія все болѣе приближались къ современнымъ, и діагенетическое измѣненіе вновь образующихся породъ дѣлалось все менѣе возможнымъ; наконецъ, образованіе кристаллическихъ сланцевъ совершенно прекратилось.

На первый взглядъ діагенетическая теорія весьма близка къ изложенному выше ученію, которое приписывало происхожденіе кристаллическихъ сланцевъ выдѣленію изъ перегрѣтыхъ растворовъ; но, выдвигая на первый планъ механическое осажденіе, она обладаетъ важнымъ преимуществомъ. Эта теорія удовлетворительно объясняетъ постепенное исчезновеніе кристаллическаго характера въ сланцахъ болѣе поздняго происхожденія; но, съ другой стороны, кристаллическій характеръ новѣйшихъ образованій, содержащихъ окаменѣлости и отложившихся при условіяхъ, которыя весьма близки къ современнымъ, съ точки звѣнія этой теоріи остается непонятнымъ. Несомнѣнность послѣдняго факта свидѣтельствуетъ, что высокую температуру воды и высокое давленіе нельзя считать необходимымъ условіемъ для образованія кристаллическихъ горныхъ породъ; вмѣстѣ съ тѣмъ является вопросъ, можемъ ли мы этими исключительными условіями объяснять происхожденіе архейскихъ сланцевъ; этотъ вопросъ тѣмъ болѣе естественъ, что въ основѣ діагенетической теоріи лежитъ недоказанное предположеніе, будто первобытная атмосфера и вода первобытнаго моря были насыщены углекислотою, хлоромъ и т. п.: выше мы видѣли, что расплавленныя массы обладаютъ высокою способностью поглощать газы, а потому весьма вѣроятно, что углекислота, хлоръ и т. п. были извлечены ими изъ атмосферы. Однако, нельзя окончательно отрицать, что въ періодъ образованія первой земной коры и въ ближайшее къ нему время, дѣйствительно, существовали условія, предусматриваемыя діагенетической теоріей, а потому возможно предположить, что кристаллическіе сланцы, отлагавшіеся на первобытныхъ гнейсахъ и гранитахъ, обязаны своимъ происхожденіемъ діагенезису. Что же касается главной массы кристаллическихъ сланцевъ, особенно тѣхъ изъ нихъ, которыя содержатъ окаменѣлости, то онѣ должны были произойти инымъ путемъ; теорія метаморфизма проливаетъ нѣкоторый свѣтъ на процессы ихъ образованія.

Ученіе о *метаморфизмѣ* кристаллическихъ сланцевъ очень старо: зарожденіе его относится къ временамъ шотландскаго геолога *Гюттона*, и съ тѣхъ поръ это ученіе претерпѣло множество видоизмѣненій; изъ числа послѣднихъ мы разберемъ только наиболѣе важныя.

Причину метаморфическихъ измѣненій горныхъ породъ видѣли *въ высокомъ давленіи и въ высокой температурѣ;* исходной точкой этой теоріи служили выше-

упомянутыя явленія контактнаго метаморфизма. Если слоистая горная порода или сланецъ съ слабо выраженнымъ кристаллическимъ строеніемъ прорѣзывается изверженными массами, то на мѣстахъ соприкосновенія съ послѣдними вышеназванныя породы пріобрѣтаютъ ясно выраженное кристаллическое строеніе. Это несомнѣнно наблюдавшееся явленіе было обобщено, и строеніе всѣхъ вообще кристаллическихъ сланцевъ приписывалось высокой температурѣ. *Гюттонъ* предполагалъ, что всѣ горныя породы, отложившіяся въ морѣ, не исключая песчаниковъ и плотныхъ известняковъ, отвердѣли, благодаря дѣйствію внутренней теплоты земли; кристаллическіе сланцы, по его мнѣнію, представляли первоначально нормальные осадки и, вслѣдствіе жара, господствующаго на глубинѣ, пріобрѣли свойственное имъ теперь стореніе. Однако, скоро пришли къ убѣжденію, что одна высокая температура не объясняетъ такихъ измѣненій: было предположено, что они обязаны своимъ происхожденіемъ дѣйствію горячей воды, паровъ или минеральныхъ растворовъ.

Какъ мы видѣли выше, температура земной коры постепенно увеличивается съ глубиною (стр. 121). Если накопляются огромныя массы отложеній, то, какъ показалъ его впервые *Баббеджъ*, глубокія части ихъ чрезвычайно сильно нагрѣваются: если свита горизонтальныхъ пластовъ обладаетъ мощностью въ 12000 м., то на днѣ ея господствуетъ температура приблизительно въ 364°; въ связи съ огромнымъ давленіемъ вышележащихъ слоевъ она приводитъ въ перегрѣтое состояніе воду, циркулирующую въ трещинахъ и пустотахъ породы. На основаніи лабораторныхъ опытовъ мы знаемъ, что при такихъ условіяхъ можетъ произойти перекристаллизація, а потому описаннымъ путемъ можно объяснить превращеніе нормальныхъ осадковъ въ кристаллическіе сланцы. Но даже независимо отъ внутренней теплоты земли одно давленіе мощной толщи породъ влечетъ за собою нагрѣваніе воды, такъ какъ всякое давленіе превращается въ теплоту. Однако, этимъ путемъ нельзя объяснять происхожденіе *всѣхъ* кристаллическихъ сланцевъ. До сихъ поръ предполагалось, что архейскія образованія пластуются совершенно согласно, но новѣйшія изслѣдованія показали, что и въ это отдаленное отъ насъ время существовали перерывы въ процессахъ отложенія, и что въ огромной толщѣ кристаллическихъ сланцевъ присутствуютъ также несогласно напластованныя породы. Съ другой стороны, извѣстны мощныя свиты осадочныхъ пластовъ, которыя не пріобрѣли въ своихъ нижнихъ частяхъ кристаллическаго строенія; наоборотъ, кристаллическіе сланцы встрѣчаются среди новѣйшихъ образованій незначительной мощности. Наконецъ, кембрійскіе конгломераты состоятъ изъ кристаллическихъ галекъ; такимъ образомъ архейскіе сланцы обладали уже кристаллическимъ строеніемъ раньше образованія кембрійскихъ породъ. Отсюда видно, что давленіе нельзя считать необходимымъ условіемъ кристалличности, и мы во всякомъ случаѣ должны искать другую причину, которая могла бы объяснить это явленіе.

Въ противоположность авторамъ изложенныхъ выше теорій *Бишофъ* приписывалъ образованіе кристаллическихъ сланцевъ *дѣйствію воды, циркулирующей при обыкновенной температурѣ и обыкновенномъ давленіи.* Онъ предполагалъ, что вода, просачивающаяся въ глубину, растворяетъ составныя части осадочныхъ массъ и взамѣнъ ихъ отлагаетъ другія; такимъ образомъ происходитъ перекристаллизація, сопровождающаяся измѣненіемъ состава. Съ химической точки зрѣнія такой процессъ безусловно возможенъ; всѣ минералы, входящіе въ составъ слан-

цевъ, встрѣчаются въ природѣ при условіяхъ, которыя свидѣтельствуютъ, что они выдѣлились изъ воды; такимъ образомъ составныя части гнейсовъ могли образоваться изъ глины. Такія измѣненія, каково, напр., превращеніе известняка въ породу, состоящую изъ полевого шпата, кварца и слюды, подтверждаются явленіями, происходящими нынѣ въ природѣ, именно существованіемъ такъ называемыхъ псевдоморфозъ. Подъ этимъ именемъ разумѣютъ измѣненные минералы, которые, сохраняя свою внѣшнюю кристаллографическую форму, пріобрѣтаютъ новый химическій составъ. Такъ, напр., желѣзный колчеданъ, теряя сѣру и пріобрѣтая вмѣсто нея кислородъ и воду, превращается въ бурый желѣзнякъ; при этомъ внѣшняя форма желѣзнаго колчедана остается неизмѣнною. Извѣстны псевдоморфозы, которые обладаютъ формою известковаго шпата, но не содержатъ ни одной изъ составныхъ частей этого минерала: углекислый кальцій сбвершенно замѣстился кварцемъ или полевымъ шпатомъ, который состоитъ изъ кремнекислоты, глинозема и окиси кальція.

Такіе процессы, несомнѣнно, происходятъ въ природѣ, но врядъ ли они имѣютъ такое широкое распространеніе, чтобы ими можно было объяснить образованіе огромныхъ массъ архейскихъ сланцевъ. Если вода, находящаяся при обыкновенномъ давленіи и температурѣ, превращаетъ обыкновенныя осадочныя породы въ кристаллическія, то какъ же могли сохраниться въ теченіе многихъ милліоновъ лѣтъ кембрійскія глины, не обнаруживающія никакихъ измѣненій? Съ другой стороны, слоистое расположеніе составныхъ частей сланцевъ не объясняется разсматриваемой теоріей: если бы эта порода образовалась путемъ химическихъ измѣненій простыхъ осадковъ, то она не обладала бы слоистостью; кромѣ того, вдоль трещинъ, по которымъ циркулировала вода, были бы замѣтны болѣе сильныя измѣненія, которыхъ мы на самомъ дѣлѣ не находимъ: слои отдѣльныхъ породъ рѣзко отграничиваются другъ отъ друга и не содержатъ общихъ составныхъ частей; въ виду этого однимъ дѣйствіемъ воды, безъ участія высокаго давленія и температуры, нельзя объяснить происхожденіе кристаллическихъ сланцевъ.

Старыя теоріи метаморфизма руководствовались изученіемъ архейскихъ гнейсовъ и слюдяныхъ сланцевъ, происхожденіе которыхъ наиболѣе загадочно; новѣйшіе изслѣдователи пошли инымъ путемъ: они обратились къ изслѣдованію явленій метаморфизма въ новѣйшихъ системахъ и, благодаря этому, пришли къ весьма важнымъ заключеніямъ.

Впервые посмотрѣлъ на дѣло съ совершенно новой точки зрѣнія *Лоссенъ*. Изслѣдуя девонскіе кристаллическіе сланцы въ Таунусѣ, онъ замѣтилъ, что кристаллическій характеръ этихъ породъ наиболѣе рѣзко выраженъ въ мѣстахъ тектоническихъ нарушеній, т.-е. тамъ, гдѣ дѣйствовало наиболѣе сильное механическое давленіе; наоборотъ, тѣ части пластовъ, которыя не испытывали такихъ измѣненій, обладаютъ преимущественно строеніемъ кластическихъ породъ. Далѣе онъ доказалъ, что въ трещинахъ, которыя образовались во время нарушеній, происходили выдѣленія тѣхъ же минераловъ, которые залегаютъ между отдѣльными пластами; эти минералы стоятъ въ тѣсной связи съ происхожденіемъ кристаллическаго строенія, которое явилось во время тектоническихъ нарушеній, благодаря дѣйствію высокаго давленія. *Лоссенъ* пришелъ къ заключенію, что кристаллическіе сланцы Таунуса образовались изъ простыхъ осадковъ; причиною такого превращенія было значительное давленіе и вызванная имъ высокая температура. Это объясненіе было

распространено и на другія породы того же типа. Къ тѣмъ же выводамъ привели изслѣдованія мрамора въ Бернскомъ нагорьѣ; издавна было извѣстно, что плотные верхне-юрскіе известняки этой области обнаруживаютъ иногда кристаллическое строеніе: послѣднее наблюдается въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ порода приходитъ въ соприкосновеніе съ гнейсомъ. Прежде думали, что это явленіе представляетъ особый видъ контактнаго метаморфизма, но впослѣдствіи оказалось, что кристаллическое строеніе замѣчается вообще всюду, гдѣ известнякъ испыталъ сильные изгибы и нарушенія: превращеніе известняка въ мраморъ въ мѣстахъ соприкосновенія съ гнейсомъ происходитъ только тамъ, гдѣ горообразующіе процессы дѣйствовали наиболѣе сильно: Обѣ породы обладаютъ чрезвычайно сложнымъ характеромъ залеганія: гнейсъ и известнякъ клинообразно внѣдряются другъ въ друга, какъ это и показано на рис. 437; это своеобразное явленіе, разсмотрѣнное нами уже выше (стр. 379) представляетъ одинъ изъ сложнѣйшихъ примѣровъ образованія складокъ, и именно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ изгибъ былъ всего сильнѣе, т.-е. на концѣ клина, известнякъ превратился въ мраморъ. Всѣ эти наблюденія привели къ выводу, что *давленіе, развивающееся во время процессовъ горообразованія, сообщаетъ горнымъ породамъ кристаллическое строеніе.* Точно также *Госселе,* производившій изслѣдованія въ Арденахъ, установилъ, что метаморфическія измѣненія наблюдаются въ мѣстахъ наиболѣе сильной дислокаціи, именно въ поясахъ антиклинальнаго изогнутія, внутри крутыхъ сдавленныхъ мульдъ, вдоль большихъ сбросовъ и, наконецъ, тамъ, гдѣ вслѣдствіе образованія складокъ, тѣсно сдвинулись несогласно напластованные слои. Въ сѣверной Шотландіи, въ области большихъ перебросовъ, силлурійскіе и кембрійскіе пласты, располагающіеся надъ обыкновенными силлурійскими осадками, пріобрѣли кристаллическое строеніе (стр. 378 и 401). Подобныя же явленія наблюдались и въ другихъ мѣстахъ; они показываютъ, что кристаллическіе сланцы всегда залегаютъ въ областяхъ тектоническихъ нарушеній — выводъ чрезвычайно важный для пониманія природы этихъ породъ.

Во многихъ случаяхъ кристаллическое строеніе породъ зависитъ, несомнѣнно, отъ степени дислокаціи, образованія складокъ и т. п., вообще, отъ давленія, которое испытывала порода. Измѣненія, вызванныя дѣйствіемъ горообразующихъ силъ, получили названіе динамо-метаморфизма. Они выражаются превращеніемъ песчаниковъ, конгломератовъ и сланцевъ въ гнейсы, слюдяные сланцы и филлиты, известняковъ — въ мраморы, каменныхъ углей — въ антрацитъ и графитъ; динамометаморфическія измѣненія распространяются и на изверженныя горныя породы, прорѣзывающія осадочные пласты. Такъ, напр., діабазы переходятъ въ хлоритовые и роговообманковые сланцы, а граниты — въ гнейсо-подобные сланцы.

Связь между давленіемъ и строеніемъ достигаетъ своего крайняго выраженія въ кристаллическихъ сланцахъ; но она можетъ быть подмѣчена съ достаточною очевидностью также и на кластическихъ породахъ; тамъ, гдѣ слои испытывали незначительныя нарушенія и гдѣ толща прикрывающихъ ихъ породъ не обладаетъ большою мощностью, первоначальное строеніе остается неприкосновеннымъ; такъ, напр., глины, принадлежащія даже къ самымъ древнимъ образованіямъ, не обнаруживаютъ въ такихъ случаяхъ никакихъ измѣненій.

Примѣры подобныхъ явленій далеко нерѣдки; таковы, напр., знаменитыя кембрійскія глины, залегающія въ окрестностяхъ Петербурга; онѣ являются самымъ древнимъ образованіемъ палеозойской эры и, несмотря на это, сохраняютъ

свое первоначальное горизонтальное положеніе. Съ другой стороны, среди новѣйшихъ третичныхъ отложеній мы находимъ новѣйшія пластическія глины только тамъ, гдѣ не происходило образованія складокъ; наоборотъ, въ мѣстахъ тектоническихъ нарушеній онѣ превратились въ сланцеватыя глины или даже въ глинистые сланцы. Послѣдніе встрѣчаются во всѣхъ системахъ, вплоть до среднетретичныхъ отложеній, но въ ряду древнѣйшихъ образованій мы находимъ ихъ наиболѣе часто. Извѣстны пластическія глины кембрійскаго періода и глинистые сланцы третичнаго возраста: присутствіе тѣхъ или другихъ разновидностей этихъ породъ опредѣляется горообразующими процессами.

Въ виду громадности матеріала, доказывающаго связь между явленіями метаморфизма и давленіемъ, вышеизложенная теорія становится все болѣе и болѣе на прочную почву; важнымъ доводомъ въ ея пользу служатъ любопытные опыты *Шпринга*, выясняющіе роль давленія въ образованіи кристаллической структуры; эти опыты показываютъ также, достаточно ли для измѣненія породъ одного давленія, или же въ этомъ процессѣ имѣютъ значеніе и другіе дѣятели, напр. перегрѣтая вода. Такъ, напр., *Шпрингу* удалось превратить при высокомъ давленіи смѣсь мѣди и сѣры въ кристаллическій мѣдный блескъ и изъ смѣси разныхъ металловъ получить кристаллическій сплавъ (стр.

Рис. 437. Известняки, клинообразно внѣдряющіеся въ гнейсы Юнгфрау: видъ съ Ротталя; свѣтлыя мѣста рисунка соотвѣтствуютъ известнякамъ, темные—гнейсамъ. (По Бальтцеру.)

381). Наоборотъ, порошокъ мѣла и известковаго шпата при давленіи въ 5000, въ 6000 атмосферъ не спаивался въ плотную массу; то же самое слѣдуетъ сказать и о кварцевомъ пескѣ, который при давленіи въ 2000 атмосферъ оставался неизмѣннымъ.

Эти явленія показываютъ, что чисто механическія измѣненія, какъ, напр., образованіе сланцеватости или микробрекчіевой структуры (стр. 381), могутъ происходить подъ вліяніемъ одного только давленія, которое способствуетъ сближенію и перегруппировкѣ молекулъ. Наоборотъ, если измѣненіе носитъ химическій характеръ и сопровождается выдѣленіемъ одной изъ прежнихъ составныхъ частей, или пріобрѣтеніемъ новыхъ, то въ этомъ случаѣ необходимо дѣйствіе перегрѣтой воды: давленіе, какъ бы оно велико ни было, способствуетъ только перемѣщенію молекулъ и не можетъ произвести обмѣна веществъ. Нагрѣтая давленіемъ вода должна принимать важное участіе въ образованіи минераловъ: это доказывается и тѣмъ, что динамо-метаморфическія породы обнаруживаютъ во многихъ случаяхъ явленія, весьма сходныя съ контактнымъ метаморфизмомъ; измѣненія, происходящія въ послѣднемъ случаѣ, сводятся главнымъ образомъ къ дѣйствію воды, перегрѣтой отъ соприкосновенія съ изверженными массами. Здѣсь открывается широкое поле для экспериментальныхъ изслѣдованій и непосредственныхъ наблюденій; немало труда и времени придется затратить прежде, чѣмъ явленія динамометаморфизма пріобрѣтутъ надлежащее освѣщеніе.

Нельзя не указать, что теорія динамо-метаморфизма, глубоко-справедливая въ своихъ главныхъ чертахъ, находится какъ бы въ противорѣчіи съ нѣкоторыми фактами, которые не нашли еще надлежащаго объясненія; такъ, напр., присутствіе неизмѣненныхъ кластическихъ породъ, прикрытыхъ новѣйшими кристаллическими образованіями, а также чередованіе кластическихъ и кристаллическихъ сланцевъ остается совершенно непонятнымъ. Правда, такія явленія наблюдаются не часто, но это не даетъ намъ права пренебрегать ими. Кромѣ того, перекристаллизація не всегда сосредоточивается въ мѣстахъ наиболѣе сильной дислокаціи. Несмотря на образованіе огромныхъ складокъ, во многихъ мѣстахъ породы сохранили свой первоначальный характеръ, и, наоборотъ, метаморфическія измѣненія наблюдаются въ тѣхъ областяхъ, гдѣ складчатость выражена весьма слабо; таковы, напр., кристаллическіе известняки Греціи. Причины такихъ уклоненій не извѣстны, но мы можемъ надѣяться, что обстоятельное изслѣдованіе единичныхъ фактовъ прольетъ новый свѣтъ и на эти явленія. Но если бы даже эти ожиданія не оправдались, то это нисколько не опровергаетъ теоріи метаморфизма: указанныя явленія остаются загадочными и съ точки зрѣнія рдугихъ гипотезъ, которыя, какъ мы видѣли выше, даютъ въ общемъ менѣе вѣроятное объясненіе занимающихъ насъ процессовъ.

Обобщая выводы, полученные главнымъ образомъ при изслѣдованіи новѣйшихъ образованій, мы переносимъ ихъ на древнѣйшіе кристаллическіе сланцы только по аналогіи; убѣдительность объясненій все болѣе и болѣе теряется по мѣрѣ удаленія въ глубь прошлаго; наименѣе вѣроятными являются они въ примѣненіи къ архейскимъ породамъ. Мы имѣемъ немало основаній думать, что древнѣйшія изъ первобытныхъ породъ, какъ по своему составу, такъ и по строенію, существенно отличаются отъ позднѣйшихъ. Только въ послѣднихъ мы наблюдаемъ явленія, которыя сближаютъ ихъ съ кристаллическими сланцами новѣйшихъ періодовъ и позволяютъ приписать ихъ возникновеніе динамо-метаморфизму.

Необходимо было подробно остановиться на разсмотрѣніи различныхъ гипотезъ, чтобы установить вѣроятную точку зрѣнія на образованіе кристаллическихъ сланцевъ. Выводы, которые мы получаемъ этимъ путемъ, позволяютъ намъ составить нѣкоторое представленіе о состояніи земли въ то отдаленное время, которое предшествовало появленію извѣстныхъ намъ животныхъ и растеній. Мы видѣли, что гнейсы и сопровождающіе ихъ граниты являются наиболѣе древними изъ всѣхъ породъ, находимыхъ нами на поверхности земли, и что они представляютъ, быть можетъ, остатки первобытной земной коры. Продукты разрушенія послѣдней, отлагавшіеся изъ горячихъ водъ первобытнаго моря, могли быть измѣнены діагенетическимъ путемъ; если только это представленіе справедливо, то образовавшіяся при этомъ породы не могли по существу отличаться отъ подстилавшей ихъ первобытной коры, и весьма вѣроятно, что въ настоящее время мы смѣшиваемъ съ послѣдней эти первые осадки. Въ послѣдовавшее затѣмъ время образовались мощныя и разнообразныя свиты кристаллическихъ сланцевъ, которыя все болѣе и болѣе теряютъ свое характерное строеніе и пріобрѣтаютъ кластическій характеръ. Вмѣстѣ съ тѣмъ все яснѣе выступаетъ дѣйствіе текучихъ водъ, которое выражается повторнымъ образованіемъ валунныхъ отложеній; перерывы въ напластованіи, наблюдаемые тутъ и тамъ, указываютъ на перемѣщеніе береговой линіи; присутствіе гранитовъ и известняковъ позволяетъ предположить присутствіе животной и растительной жизни; но въ пластахъ, которые были измѣнены дѣйствіемъ давленія, мы не находимъ остатковъ первыхъ организмовъ. Огромная масса осадковъ и высокая организація сохранившихся окаменѣлостей заставляютъ думать, что съ момента образованія первобытной коры и до конца архейскаго періода протекло много времени.

Углубляясь въ даль прошлаго, мы мало-по-малу теряемъ подъ собою почву. Эпохи, ознаменованныя появленіемъ организмовъ, не могутъ быть рѣзко отграничены отъ конца архейской эры. Всѣ свѣдѣнія, имѣющіяся въ нашихъ рукахъ объ этомъ отдаленномъ времени, заставляютъ насъ предположить, что уже тогда господствовали условія, близкія къ современнымъ. Наконецъ, мы достигаемъ первобытныхъ породъ, остатковъ первоначальной земной коры; процессы, совершавшіеся въ эти первые моменты исторіи земли, съ трудомъ поддаются нашему пониманію.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Общая геологія.

III. Образованіе горныхъ породъ.

Дополненія по геологіи Россіи.

Оглавленіе рисунковъ.

Картины, печатанныя красками.

Рѣзанные на деревѣ рисунки.

Карты на особыхъ листахъ.

Рисунки въ текстѣ.

	Р.	К.
Сельское хозяйство и обработка важнѣйшихъ его продуктовъ. Полн. пер. съ 9-го нѣм. изд. подъ ред. и съ дополн. проф. Спб. Лѣсного Института ***В. Я. Добровлянскаго.*** Съ 600 рис. и 9 прилож. (цвѣтн. и черн. картин.). 10 выпусковъ . . . по	—	50
Горное дѣло и металлургія. Полн. пер. съ IX нѣм. изд. съ измѣнен. и обширн. дополн., подъ ред. проф. Спб. Горн. Института ***И. В. Мушкетова*** и ***В. И. Баумана.*** Съ 600 рис. и 12 приложен. (цвѣтн. и черн. картин.). 10 выпусковъ по 50 коп. — За все изданіе въ роскошн. полукожан. перепл. . . .	6	—
Технологія металловъ. Полн. пер. съ 9-го нѣм. изд. съ значит. дополн. и подъ ред. проф. Спб. Горн. Института Екатерины II ***А. Н. Митинскаго.*** Съ 1600 рис. и 6 прилож. (черн. картин.). 10 выпусковъ . . . по	—	50
Обработка камней и земель и технологія химическихъ производствъ. Полн. пер. съ 9-го нѣм. изд. подъ ред. проф. Института Гражданскихъ Инж. ***В. В. Эвальда.*** Съ 1000 рис. и 3 прилож. (хромолитогр. и черн. картин.). 10 выпусковъ . . . по	—	50

Популярно-научные альбомы картинъ по географіи и естествознанію.

	Р.	К.
Альбомъ картинъ по географіи Европы. Пояснит. текстъ д-ра ***А. Гейстбека.*** Пер. съ дополн. преподават. географіи *А. П. Нечаева,* съ предислов. *Д. А. Коропчевскаго.* 75 стр. текста и 233 отдѣльн. рѣз. на дер. худож. рис. и картинъ. ***Одобренъ*** *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для ученическихъ библіотекъ гимназій, реальныхъ училищъ, учительскихъ институтовъ и семинарій и городскихъ училищъ.* ***Допущенъ*** *въ безплатныя народныя читальни и библіотеки.* ***Одобренъ*** *Ученымъ Комитетомъ Министерства Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ для библіотекъ подвѣдомственныхъ Министерству Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ учебныхъ заведеній.* ***Одобренъ*** *Учебнымъ Комитетомъ Министерства Финансовъ, какъ полезное пособіе при изученіи географіи въ коммерческихъ учебныхъ заведеніяхъ Вѣдомства Министерства Финансовъ.* ***Одобренъ*** *Учебнымъ Комитетомъ при Собственной* ***Его Императорскаго Величества*** *Канцеляріи по учрежденіямъ* ***Императрицы Маріи*** *для пріобрѣтенія въ ученическія библіотеки средняго и старшаго возрастовъ среднихъ учебныхъ заведеній и старшаго возраста Маріинскихъ училищъ Вѣдомства учрежденій* ***Императрицы Маріи.*** Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ . . .	1	50
Альбомъ картинъ по географіи внѣевропейскихъ странъ. Описательный текстъ д-ра ***А. Гейстбека.*** Полн. пер. преподават. учительск. Института въ Спб. *А. П. Нечаева,* съ предислов. проф. *Д. А. Коропчевскаго.* 85 стр. текста и 314 отдѣльн. рѣз. на дер. худож. рис. и картинъ. ***Одобренъ*** *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для ученическихъ библіотекъ гимназій, реальныхъ училищъ, учительскихъ институтовъ и семинарій и городскихъ училищъ Вѣдомства Министерства Народнаго Просвѣщенія.* ***Допущенъ*** *въ безплатныя народныя читальни и библіотеки.* ***Одобренъ*** *Ученымъ Комитетомъ Министерства Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ для библіотекъ подвѣдомственныхъ Министерству Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ учебныхъ заведеній.* ***Одобренъ*** *Учебнымъ Комитетомъ Министерства Финансовъ, какъ полезное пособіе при изученіи географіи въ коммерческихъ учебныхъ заведеніяхъ Вѣдомства Министерства Финансовъ.* ***Одобренъ*** *Учебнымъ Комитетомъ при Собственной* ***Его Императорскаго Величества*** *Канцеляріи по учрежденіямъ* ***Императрицы Маріи*** *для пріобрѣтенія въ ученическія библіотеки средняго и старшаго возрастовъ среднихъ учебныхъ заведеній и старшаго возраста Маріинскихъ училищъ Вѣдомства учрежденій* ***Императрицы Маріи.*** Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ . . .	1	75

	Р.	К.
Альбомъ картинъ по зоологіи млекопитающихъ. Описат. текстъ проф. д-ра ***В. Маршалля.*** Пер. съ нѣм. зоол. музея Императ. Академ. Наукъ *Г. Г. Якобсона* и *Н. Н. Зубовскаго*, съ предислов. проф. *Ю. Н. Вагнера*. 84 стр. текста съ 258 отдѣльн. рѣз. на дер. черн. рис.		
Рекомендованъ *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаментальныхъ библіотекъ всѣхъ среднихъ учебныхъ заведеній, для ученическихъ старшаго возраста библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій и для учительскихъ библіотекъ низшихъ училищъ.*		
Допущенъ *въ безплатныя читальни.*		
Одобренъ *Ученымъ Комитетомъ Министерства Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ для библіотекъ среднихъ сельско-хозяйственныхъ учебныхъ заведеній.*		
Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ	1	75
Альбомъ картинъ по зоологіи птицъ. Описат. текстъ проф. д-ра ***В. Маршалля.*** Пер. съ нѣм. зоол. музея Императ. Академ. Наукъ *Г. Г. Якобсона* и *Н. Н. Зубовскаго*, съ предислов. проф. *Ю. Н. Вагнера*. 76 стр. текста и 238 отдѣльн. рѣз. на дер. черн. рис. на 134 табл.		
Рекомендованъ *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаментальныхъ библіотекъ всѣхъ среднихъ учебныхъ заведеній Министерства, для ученическихъ, старшаго возраста, библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій и для учительскихъ библіотекъ низшихъ училищъ.*		
Допущенъ *въ безплатныя читальни.*		
Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ	1	75
Альбомъ картинъ по зоологіи рыбъ. Описат. текстъ профес. д-ра ***В. Маршалля.*** Полн. пер. зоол. музея Императ. Академ. Наукъ *Г. Г. Якобсона* и *Н. Н. Зубовскаго*. 76 стр. текста и 208 отдѣльн. рѣз. на дер. худож. рис.		
Рекомендованъ *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаментальныхъ библіотекъ всѣхъ среднихъ учебныхъ заведеній Министерства, для ученическихъ, старшаго возраста, библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій и для учительскихъ библіотекъ низшихъ училищъ, также*		
Допущенъ *въ безплатныя народныя читальни и библіотеки.*		
Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ	1	75
Альбомъ картинъ по зоологіи низшихъ животныхъ. Описат. текстъ проф. д-ра ***В. Маршалля.*** Пер. зоол. музея Императ. Академ. Наукъ *Г. Г. Якобсона*. Ок. 70 стр. текста и 292 отдѣльн. рѣз. на дер. худож. рис. и картинъ.		
Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ	1	75
Альбомъ картинъ по географіи растеній. Съ описат. текст. д-ра ***М. Кронфельда.*** Полный пер. прив.-доц. Спб. университета *А. Г. Генкеля*. Ок. 80 стр. текста и 216 отдѣльн. рѣз. на дер. и вытравл. на мѣди худож. рис. по фотогр. на 116 стр.		
Въ изящномъ коленкоровомъ переплетѣ	1	75

На складѣ Товарищества находятся:

Жизнь бабочекъ, проф. ***Штандфусса.*** Пер. и дополн. подъ ред. *И. Я. Шевырева*. Съ 200 рисунковъ. *Цѣна 2 р. 50 к.*

Рекомендованъ *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаментальныхъ библіотекъ тѣхъ средне-учебныхъ заведеній, гдѣ преподается естествовѣдѣніе, а равно и учительскихъ институтовъ и семинарій.*

Хрестоматія для устн. и письм. сочинен. съ приложен. 15 картинъ. Составили преподаватели ***В. Н. Куницкій*** и ***А. Л. Погодинъ.*** *Цѣна 60 коп.*

Русская лира, *Сборникъ произведеній русской художеств. лирики. Цѣна 1 р. 50 к.*

Одобрено *Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаментальныхъ библіотекъ среднихъ учебныхъ заведеній.*

Всѣ рисунки, карты и хромолитографіи нашихъ изданій исполнены лучшими художниками и изготовлены по нашему заказу, въ Лейпцигѣ, Библіографическимъ Институтомъ и фирмой Отто Шпамеръ.

Допускается самая широкая разсрочка платежа; условія разсрочки высылаются по требованію безплатно.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 12 апрѣля 1901 г. Типогр. Т-ва „Просвѣщеніе". Спб., 7 рота, соб. д. № 20